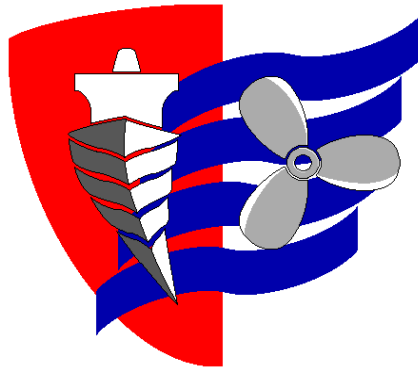


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CREACIÓN DE UN PLAN DE
CONTINGENCIA PARA EL PUERTO
DEPORTIVO DE SAN VICENTE DE LA
BARQUERA**

**DESIGN OF A CONTINGENCY PLAN
FOR THE LEISURE PORT OF SAN
VICENTE DE LA BARQUERA**

Para acceder al Título de Grado en
INGENIERÍA MARINA

Autor: Borja Menéndez San Martín

Director: Jesús Miguel Oria Chaveli

Julio – 2019

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

**CREACIÓN DE UN PLAN DE
CONTINGENCIA PARA EL PUERTO
DEPORTIVO DE SAN VICENTE DE LA
BARQUERA**

**DESIGN OF A CONTINGENCY PLAN
FOR THE LEISURE PORT OF SAN
VICENTE DE LA BARQUERA**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARINA

Julio – 2019

INDICE

AVISO DE RESPONSABILIDAD DE LA UC:	7
RESUMEN	8
PALABRAS CLAVE.....	8
SUMMARY	9
KEYWORDS	9
OBJETIVOS.....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
TRANSPORTE MARÍTIMO Y LOS HIDROCARBUROS.....	12
~ METODOLOGIA ~	15
HIDROCARBUROS	16
PETRÓLEO.....	16
GAS NATURAL.....	17
HIDROCARBUROS SÓLIDOS	17
PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS.....	19
DENSIDAD.....	19
PUNTO DE EBULLICIÓN	19
VISCOSIDAD.....	20
PUNTO DE FLUENCIA.....	20
PUNTO DE INFLAMACIÓN	20
TENSIÓN SUPERFICIAL.....	21
SOLUBILIDAD	21
FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACIÓN MARINA POR HIDROCARBUROS	22
PÉRDIDAS EN EL TRANSPORTE	22
DERRAMES ACCIDENTALES DEBIDOS A BUQUES PETROLEROS	23
Labores rutinarias de carga y descarga de los petroleros.....	23
Vertidos ilegales en labores de limpieza en alta mar.....	24
Hundimientos.....	24
Incendios y explosiones.....	24
Colisiones	24
Causas desconocidas.....	25
ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN EN EL MAR.....	25
VERTIDOS TERRESTRES Y ATMOSFÉRICOS	25
FUENTES NATURALES.....	26
COMPORTAMIENTO DE UN DERRAME EN EL AGUA.....	27
PROPAGACIÓN	28

EVAPORACIÓN.....	29
DISOLUCIÓN	30
DISPERSIÓN	31
OXIDACIÓN.....	31
EMULSIFICACIÓN.....	32
SEDIMENTACIÓN	33
BIODEGRADACIÓN	34
PLANES DE CONTINGENCIA POR CONTAMINACIÓN MARINA ACCIDENTAL	36
ALCANCE Y CONTENIDO	36
OBJETIVOS DE UN PLAN DE CONTINGENCIA.....	37
ESTRUCTURA DE UN PLAN DE CONTINGENCIA.....	38
Parte analítica o estratégica.....	38
Parte operativa.....	42
TIPOS DE PLANES.....	45
CRITERIOS DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA	45
COMPETENCIAS DE LAS DISTINTAS ADMINISTRACIONES	46
CRITERIOS DE ACTIVACIÓN DE LOS DISTINTOS NIVELES DE PLANES DE CONTINGENCIA.....	47
CRITERIOS PARA LA COORDINACIÓN DE OPERACIONES ENTRE DISTINTOS PLANES DE CONTINGENCIAS.....	49
~ DESARROLLO ~	53
HISTORIA DEL PUERTO DE SAN VICENTE DE LA BARQUERA	54
DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE SAN VICENTE	56
ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL PLAN.....	60
DESCRIPCIÓN DEL CLIMA	63
RÉGIMEN DE LLUVIAS Y TEMPERATURAS	63
RÉGIMEN DE VIENTOS.....	65
RÉGIMEN DE INSOLACIÓN.....	67
RÉGIMEN DE HUMEDAD	68
TEMPERATURA DEL AGUA	69
RÉGIMEN DE CORRIENTES.....	70
ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LA ZONA	71
ÁREAS NATURALES DE ESPECIAL VALOR ECOLÓGICO.....	71
Parque Natural de Oyambre:	71
Lugar de Interés Comunitario (lic) Rías occidentales y Duna de Oyambre	72
RECURSOS HIDROLÓGICOS	73
RECURSOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS.....	75

RECURSOS TURÍSTICOS	78
ANÁLISIS DE RIESGOS	79
Identificación de los vertidos contaminantes	81
ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.....	83
VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.....	91
MATRIZ DE RIESGO AMBIENTAL	92
CÁLCULO DE LA TRAYECTORIA DE LOS POSIBLES VERTIDOS DE HIDROCARBURO	94
ZONAS QUE PROTEGER	110
PRIORIDADES DE PROTECCIÓN	111
MEDIOS DE PROTECCIÓN ANTE UN VERTIDO DE HIDROCARBURO	113
EVOLUCIÓN DEL VERTIDO	117
COMPOSICIÓN Y FUNCIONES DE LOS ÓRGANOS DE DIRECCIÓN Y RESPUESTA	122
DIRECCIÓN DE LA CONTINGENCIA	123
COMITÉ TÉCNICO ASESOR.....	124
CENTRO DE OPERACIONES (COP).....	125
GRUPOS DE RESPUESTA (GR)	126
COMITÉ DE SEGURIDAD	127
ACTIVACIÓN DEL PLAN.....	128
NIVELES DE ALERTA.....	129
NOTIFICACIÓN DEL SUCESO	131
Suceso de contaminación marina en una empresa o instalación portuaria:.....	131
SUCESO DE CONTAMINACIÓN MARINA EN UNA ZONA DE AGUA NO ASOCIADA A NINGUNA EMPRESA O INSTALACIÓN.....	133
SUCESO DE CONTAMINACIÓN MARINA PROVOCADO POR UN ACCIDENTE MARÍTIMO EN EL QUE ESTÁN INVOLUCRADOS UNO O MÁS BUQUES.....	134
COMUNICACIÓN.....	134
Medios de comunicación en el puerto.....	135
COORDINACIÓN CON OTROS PLANES.....	138
PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN	142
FIN DE LA CONTINGENCIA.....	148
PROCEDIMIENTO DE FIN DE LA EMERGENCIA	149
~ GESTIÓN DE LOS RECURSOS ~	151
MEDIOS DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN	152
MEDIOS DE CONTENCIÓN	152
MEDIOS DE RECOGIDA	154
DEPÓSITOS	157

EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	157
MEDIOS DE UN PUERTO DEPORTIVO	158
MANTENIMIENTO DE LOS MEDIOS DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN	160
ALMACENAMIENTO.....	161
MANTENIMIENTO	162
PROGRAMA DE FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO	164
ESTRUCTURA DE LOS CURSOS DE FORMACIÓN.....	165
SIMULACRO DE EMERGENCIA.....	171
DIFUSIÓN DEL PLAN	173
REVISIÓN DEL PLAN.....	174
CONCLUSIONES	176
BIBLIOGRAFÍA.....	177
~ ANEXO ~	180
CASO 1.....	181
CASO 2.....	186
CASO 3.....	190
CASO 4.....	194

AVISO DE RESPONSABILIDAD DE LA UC:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”

RESUMEN

En la actualidad la contaminación por hidrocarburos del medio marino representa un riesgo de considerable importancia que no solo puede afectar al medio ambiente, sino a un ecosistema completo, considerando también las relaciones de los seres vivos con el ambiente que les rodea.

En el caso de que el suceso de contaminación por hidrocarburos suceda en las cercanías de un núcleo de población, no solo la flora y la fauna se verán afectadas, sino que puede afectar a la totalidad del ecosistema, lo que provocaría, entre otras muchas cosas, unas consecuencias socioeconómicas terribles.

Este trabajo se centra en la gestión de estos sucesos de contaminación, en concreto en el futuro Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera. Para ello, primero se sirve de explicaciones genéricas acerca de los propios hidrocarburos, y sus características, y de los planes de contingencia, como su estructura, los tipos de planes, etc.

Una vez que las ideas básicas han quedado claras, comienza el cuerpo del trabajo con el que se desarrolla por completo la creación de un Plan Interior de Contingencia ante un derrame de hidrocarburos. Con este objetivo en mente, se describe la zona en la que se aplica el Plan y la que puede llegar a verse afectada por el derrame, incluyendo todas sus características tanto geográficas, como climáticas. Además, se definen la organización, los procedimientos y las actuaciones relativas al propio Plan para poder hacer frente a un suceso de derrame de hidrocarburos.

Finalmente, se consideran los medios de lucha contra la contaminación, así como su mantenimiento, y el entrenamiento que han de seguir las personas que participen en el Plan.

PALABRAS CLAVE

Hidrocarburo, Planes de Contingencia, derrame, puerto, anticontaminación.

SUMMARY

Nowadays the oil pollution of the marine environment is a great risk, which can not only affect the environment, but the whole ecosystem. This ecosystem includes the relationships between the living beings that inhabit it and the surrounding environment.

In the case of an oil pollution event taking place near to a populated area, it is not only going to affect to the flora and the wildlife. Its effects would be observable through the whole ecosystem, which means, among other things, some terrible socio-economic consequences.

This project focuses on the management of these oil pollution events within the scope of the future leisure port of San Vicente de la Barquera. To achieve this, the project first gives some generic explanations about the hydrocarbons and their characteristics, and about contingency plans, such as their structure, kind of plans, etc.

Once the main ideas have become clear, the main part of the project takes place. This consists in the whole creation of a Contingency Plan for oil spills. In order to create this Plan, the project describes the area in which the Plan can be applicated and the surrounding area which can be affected by the pollution. The description includes both geographical and climatic characteristics. Later, the project defines the organisation, procedures, and actuations related to the Plan, so that it can be used to make more efficient the fight against an oil pollution event.

Finally, the equipment used to fight against oil pollution is presented, as well as its maintenance and the training that the people who acts during the fight against the pollution must follow.

KEYWORDS

Oil, Contingency Plan, spill, port, antipollution.

OBJETIVOS

El propósito del presente trabajo consiste en la creación de un Plan de Contingencias por Contaminación Marina Accidental para el futuro Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera. Mediante la creación de este Plan se pretende prevenir accidentes que originen el vertido de hidrocarburos al medio marino o, en el caso de que se produzca el vertido, poder hacer frente al suceso contaminante de manera eficiente y segura, reduciendo el impacto que pueda llegar a generar en el entorno.

Los factores más importantes a la hora de hacer frente a un suceso de contaminación por vertido de hidrocarburos son el tiempo y la organización necesarios para coordinar los medios, tanto humanos como materiales, de las distintas entidades que intervienen. Este es el fin último del presente trabajo, ofrecer un procedimiento para una respuesta eficaz que permita proteger la seguridad de las personas y sus bienes, y del medio ambiente.

Con este objetivo en mente, se establecen los procedimientos de actuación ante este tipo de sucesos contaminantes. Para ello se define la composición de los órganos de dirección y respuesta ante el suceso, los posibles niveles de respuesta existentes y se describe la integración de este Plan con otros planes que pudiesen estar activos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El riesgo potencial de causar daño que tienen los derrames de hidrocarburos en los puertos españoles hace necesario que exista un documento que explique, de manera pormenorizada, las acciones a realizar, los medios disponibles, la organización jerárquica y cualquier otro dato que resulte de importancia para enfrentar la contaminación por hidrocarburos.

Dado que en un futuro no muy lejano es posible que se llegue a crear el Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera, este va a necesitar de la creación de un Plan Interior de Contingencias que lo ayude a realizar una organización de todos los elementos que intervienen en la detección y control de un derrame de hidrocarburos.

A continuación, y tras un análisis preliminar de las generalidades de los hidrocarburos, los vertidos y los Planes de Contingencia, se presenta el Plan de Contingencias creado para el Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera, en el que se han abordado los aspectos relativos a la creación de un Plan Interior de Contingencias, tal y como describe el Real Decreto 253 de 2004.

TRANSPORTE MARÍTIMO Y LOS HIDROCARBUROS

El transporte marítimo de hidrocarburos ha superado su primer siglo de existencia. Ya en el año 1885 se tiene constancia del buque “Glückauf” y en 1892 el primer buque de la compañía Shell, El “Murex”, cruza el Canal de Suez con el primer cargamento de petróleo crudo con los puertos europeos como destino.

Desde los primeros años en los que el petróleo se transportaba en barriles en barcos de carga general hasta los actuales buques petroleros de doble casco, se han producido varios momentos significativos que han modificado la forma de transportar crudo por el mar. Entre estos momentos se pueden destacar:

- el crecimiento de la flota de transporte a partir de la Segunda Guerra Mundial.
- el desmesurado crecimiento que sufrió a partir de los primeros años sesenta.
- el estancamiento en el transporte durante los setenta y los ochenta debido a múltiples causas tanto políticas (guerra de los países árabes con Israel), como económicas (aumento de la demanda) y técnicas (rotura del conducto transarábigo).
- el limitado relanzamiento actual debido a una racionalización del comercio con mayores criterios de protección del medio ambiente.

En esta evolución histórica es necesario señalar el cierre del Canal de Suez durante ocho años (1967-1975), ya que esto provocó una desbocada competición por construir buques petroleros cada vez de mayor tamaño (la serie de los VLCC y los ULCC) para doblar por el Cabo de Buena Esperanza. Esto, lógicamente, conllevó un aumento del riesgo de vertidos por accidentes.

La especialización en el transporte de hidrocarburos permitió el desarrollo de prototipos de buques tanque para otros productos diferentes del crudo. Además, en los años del crecimiento del transporte marítimo de crudo se construyeron buques que permitían el transporte simultáneo de cargas secas a granel y cargas de crudo. Estos eran los buques OBO, que son las siglas de Oil/Bulk/Ore; transporte de petróleo, granel y mineral. Aún hoy en día mueven casi el 10% del crudo mundial.

Los datos elaborados por la compañía Shell indican que el comercio mundial de crudo sigue dominado por las mismas rutas tradicionales:

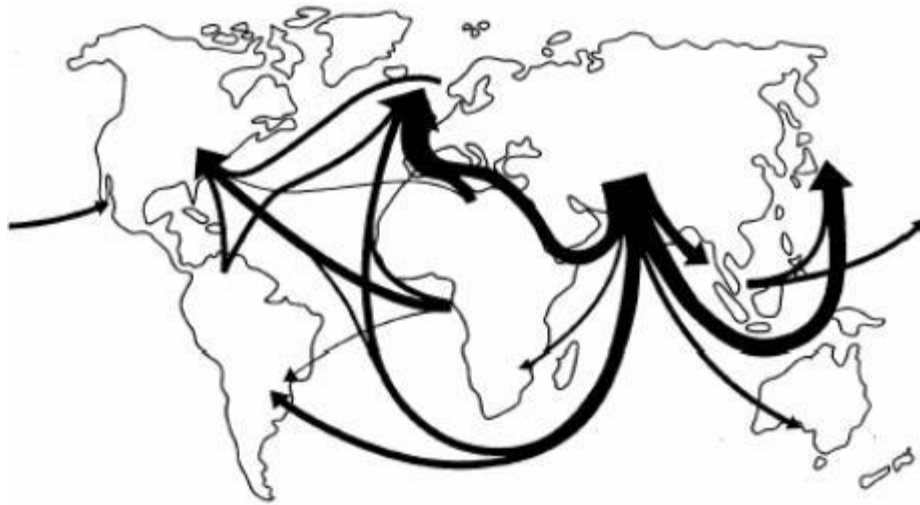


Ilustración 1: Rutas de comercio petrolero tradicionales. (Nelson Hernandez. Fundación NUESTROMAR, 2011)

- Las zonas de exportación siguen siendo el Golfo y los países árabes con casi la mitad del crudo transportado, seguidos de Nigeria o Venezuela.
- Las zonas de recepción son Norte América, Asia y Europa.

Como es comprensible, las rutas de estos petroleros no han variado ya que siempre se ha buscado la mayor eficiencia a la hora de transportar el crudo, cuestión que preocupa a la hora de la contaminación de tipo operacional.

El precio de los fletes para buques tanque, también ha venido marcado por la incidencia de varios hechos de carácter político, entre los que se destacan:

- El comienzo de la Revolución Islámica en Irán en 1979.
- La Guerra de Irán-Iraq en 1982.
- La invasión de Kuwait por Iraq en 1990.
- La crisis de los países del Este y Rusia.

Hoy en día, el principal problema, desde el punto de vista de la explotación, son las banderas de conveniencia (Liberia, Panamá, Bahamas...) que dominan la flota mundial de petroleros con la consiguiente disminución en los niveles de formación del personal y, por tanto, en el factor humano de riesgo. Sin embargo, este problema ha perdido importancia desde el año 1998, cuando se implantó el uso del SMC (Safety Management

Certificate) gracias a la aplicación del Código Internacional de Gestión de la Seguridad Operacional del Buque y la Prevención de la Contaminación (Código ISM).

En la actualidad (datos del año 2014), se transportan por vía marítima cerca de 2800 millones de toneladas de hidrocarburos al año a bordo de miles de buques petroleros, lo que supone cerca del 30% del transporte mundial de mercancías por vía marítima.

Los mayores destinatarios de estos productos son Estados Unidos, China y la Unión Europea. En el caso de la Unión Europea, el cómputo total puede acercarse a los 800 millones de toneladas de crudo. Esto incluye tanto las importaciones como los transportes dentro de la propia UE del crudo y de sus productos refinados.

Para realizar este comercio se utilizan buques que van desde pequeños buques tanque de menos de 5000 toneladas de registro bruto (TRB) hasta los superpetroleros de más de 120000 TRB o ultrapetroleros de más de 300000 TRB, pasando por los petroleros habituales que ocupan el espacio entre categorías. Los primeros son utilizados para los transportes entre puertos comunitarios y los grandes buques petroleros se utilizan para la navegación transoceánica.

Si se tiene en cuenta que el tonelaje medio de la flota petrolera es de unas 40000 a 45000 TRB, con una carga de crudo de cerca de 80000 toneladas, se necesitan casi 6000 fletes anuales para abastecer la exigente demanda de crudo de la UE. Del transporte de estos productos en Europa se estima que se encargan entre 1500 y 2000 buques petroleros, gaseros, tanques y quimiqueros.

Las aguas europeas también son paso obligado para el transporte de crudo a otros países, como es el caso del Mediterráneo, por el que miles de petroleros cruzan cada año para poder llevar el crudo procedente del Golfo Pérsico hasta Norteamérica.

~ METODOLOGIA ~

HIDROCARBUROS

Se define como hidrocarburo a los compuestos orgánicos formados solamente por átomos de Carbono e Hidrógeno. Su estructura molecular está formada por un armazón de átomos de Carbono a los que se unen los átomos de Hidrógeno.

Los hidrocarburos naturales se originan por la degradación de la materia orgánica en unas determinadas condiciones. Esta degradación desprende otros elementos como el oxígeno, el nitrógeno o el azufre, que forman parte de los compuestos volátiles de los hidrocarburos.

Los hidrocarburos naturales que son extraídos en estado líquido de una formación geológica reciben el nombre de petróleo, los que se encuentran en estado gaseoso se denominan gas natural y los hallados en estado sólido pueden ser hidratos de metano y bitúmenes.

La importancia de los hidrocarburos radica en la importancia económica que se deriva de ellos, ya que son parte constituyente de los combustibles fósiles (petróleo y gas natural) y, además, de todo tipo de plásticos, lubricantes y otros productos.

PETRÓLEO

El petróleo es un compuesto químico complejo en el que coexisten partes líquidas (principalmente), sólidas y gaseosas. Lo forman los hidrocarburos y contiene una pequeña proporción de otros elementos como Nitrógeno, Azufre, Oxígeno y algunos metales. También se puede denominar como petróleo crudo o solamente crudo.

Es una sustancia combustible cuya composición varía enormemente desde sustancias simples muy volátiles, hasta compuestos asfálticos que no se pueden destilar. Su color varía dependiendo de su peso específico (peso por unidad de volumen). Los crudos más livianos tendrán un color blanquecino o amarillo, los de peso medio serán de color ámbar y los crudos pesados son negros casi en su totalidad. Sin embargo, la franja de colores posibles varía mucho más. La composición elemental del crudo, en porcentaje de cada elemento, es la siguiente:

- Carbono: el crudo contiene entre un 85 y 95%, aunque el porcentaje típico se encuentra en un 85%.
- Hidrógeno: el crudo contiene entre 5 y 15%, aunque el porcentaje típico se encuentra en un 13%.
- Azufre: el crudo contiene menos de un 5% y el porcentaje típico es un 1,3%.
- Oxígeno: el crudo contiene menos de un 2% y el porcentaje típico es un 0,5%.
- Nitrógeno: el crudo contiene menos de un 1% y el porcentaje típico es un 0,5%.
- Metales: el porcentaje de crudo compuesto por metales es inferior al 0,1%.

GAS NATURAL

El gas natural se puede encontrar en la naturaleza en dos tipos de yacimientos. Unos en los que solo se encuentra gas natural como tal y otros en los que se encuentra asociado con el petróleo. En estos últimos el gas puede estar en la parte alta de los yacimientos o en disolución en la fase líquida.

El gas natural está compuesto fundamentalmente por metano, aunque puede incluir otros hidrocarburos gaseosos como etano, propano, etc. Así como otros elementos en mucha menor cantidad como nitrógeno, helio, etc.

HIDROCARBUROS SÓLIDOS

Los hidrocarburos sólidos naturales pueden ser de dos tipos.

- Los hidratos de metano, de los cuales no hay una gran cantidad de yacimientos y que aún no están demasiado investigados.
- Los bitúmenes, que pueden ser definidos como una mezcla viscosa de moléculas muy pesadas de hidrocarburos y productos sulfurosos.

Dentro del grupo de los bitúmenes se encuentran las arenas asfálticas y las pizarras bituminosas. Las arenas asfálticas son unas rocas sedimentarias que proceden de arenas gruesas que contienen productos petrolíferos pesados que pueden llegar a representar un 20% del peso total. Las pizarras bituminosas son unas rocas arcillosas que contienen querógeno (producto intermedio entre la degradación de la materia orgánica y la

formación de hidrocarburos) y que son capaces de producir hidrocarburos a través de su propia descomposición térmica en un ambiente sin oxígeno (pirólisis).

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS

Las características fisicoquímicas de los hidrocarburos tienen una gran importancia. Ya sea para conocer su valor económico como para poder prever su comportamiento si se da el caso de un derrame.

DENSIDAD

Es la propiedad más importante de los hidrocarburos ya que, dependiendo de su valor, determinará la flotabilidad del hidrocarburo en el agua. La densidad está determinada por la composición química y aumenta conforme aumenta la concentración de hidrocarburos pesados.

Puede expresarse en gramos/centímetro o en grados API (American Petroleum Institute), que representan la relación entre el peso específico y la fluidez de los hidrocarburos con respecto al agua. A menor densidad, mayor será la cantidad de grados API y, por tanto, más productos volátiles contendrá el hidrocarburo. Los grados API también nos informan de la calidad económica del crudo, y los divide en crudos ligeros (30ºAPI o más), crudos medios (de 22º a 29,9º API), crudos pesados (16º a 21,9º API) y crudos extrapesados (por debajo de 16º API).

Debido a que la densidad está determinada por la composición química, conocer el valor de la densidad también nos permite hacernos una idea de su poder calorífico. A mayor densidad, menor poder calorífico.

PUNTO DE EBULLICIÓN

Es la temperatura a la cual una sustancia pasa de encontrarse en estado líquido a estado gaseoso a una presión determinada en cualquier punto de su masa. Como el punto de ebullición aumenta con el número de átomos de carbono, A mayor temperatura de ebullición, menor será la velocidad de evaporación del hidrocarburo, y viceversa.

VISCOSIDAD

Es la magnitud física que mide la resistencia interna al flujo de un fluido. La configuración química del crudo y la temperatura ambiente determinan la magnitud de la viscosidad debido a que ésta es el resultado del frotamiento de unas moléculas contra otras.

De este modo, a mayor temperatura ambiente la viscosidad será menor y a mayor proporción de fracciones ligeras también lo será.

Las unidades utilizadas para definir la viscosidad son la viscosidad absoluta y la viscosidad cinemática.

La viscosidad absoluta se mide en poise o centipoise y representa la viscosidad dinámica del fluido, que se mide por el tiempo que tarde en fluir por un tubo capilar a una determinada temperatura.

La viscosidad cinemática representa el cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad del producto, por lo que es la característica propia del producto. Su unidad es el stoke o el centistoke.

La viscosidad influye en el caso de un derrame en la velocidad de esparcimiento, el espesor de la mancha, la penetración en los sedimentos de la costa y en la dificultad para bombear los hidrocarburos.

PUNTO DE FLUENCIA

Es la temperatura a la que los hidrocarburos dejan de fluir y se comportan como sólidos. Dependiendo de su valor, un derrame podría penetrar en la arena o depositarse sobre ella.

PUNTO DE INFLAMACIÓN

Es la temperatura a partir de la cual los vapores desprendidos por un líquido se inflaman al ser expuestos a una fuente de ignición. Por lo tanto, condiciona el riesgo de una explosión si la concentración de hidrocarburos en el interior de un recipiente está dentro de la zona explosiva.

TENSIÓN SUPERFICIAL

Es la fuerza de atracción entre las moléculas de la capa exterior de un fluido. Por lo tanto, en el caso de un derrame, influirá en la extensión del derrame. Cuanto mayor es la tensión superficial, menor es la velocidad de esparcimiento. Además, la temperatura ambiente también influye en la tensión superficial. De modo que, al disminuir la temperatura, la tensión superficial aumenta y se limita la velocidad de esparcimiento del fluido.

SOLUBILIDAD

Es el proceso por el que una sustancia se disuelve en otra. Los hidrocarburos son solubles entre ellos, y algunos de sus componentes también lo son en agua. Sin embargo, de forma general los hidrocarburos tienen una solubilidad en el agua inferior a 5 partes por millón.

FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACIÓN MARINA POR HIDROCARBUROS

La contaminación marina, según la definición internacionalmente aceptada, consiste en la introducción en el ambiente marino, directa o indirectamente por el ser humano, de sustancias o energía que producen o pueden producir efectos deletéreos, tales como daños a la vida marina, a los recursos vivos, peligros para la salud humana, obstáculos para las actividades marinas incluida la pesca, deterioro cualitativo del agua del mar, reducción de las posibilidades de esparcimiento y a otros usos legítimos del mar. (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution, GESAMP, ONU).

En el caso de los hidrocarburos, éstos pueden llegar a entrar en el medio marino a través de diferentes maneras, tanto del resultado de actividades humanas, como de procesos naturales.

Se estima que por estas causas llegan anualmente al ambiente marino aproximadamente 3,2 millones de toneladas de hidrocarburos. De esta cantidad, aproximadamente el 15 % es producto de accidentes relacionados con buques petroleros y plataformas “off shore”.

Por lo tanto, debe tenerse muy en cuenta la contaminación procedente de fuentes terrestres, así como algunos procesos naturales. Las refinerías próximas al litoral o en bahías e instalaciones de terminales de tanqueros para la carga y la descarga de los buques provocan derrames de hidrocarburos en el mar que dañan los ecosistemas marinos y costeros, afectando también a diversas actividades económicas.

Los vertidos accidentales de buques junto con los debidos a actividades de exploración y producción en el mar, suponen alrededor de medio millón de toneladas al año.

En los siguientes apartados se exponen los distintos orígenes de los vertidos de hidrocarburo al mar.

PÉRDIDAS EN EL TRANSPORTE

En total, aproximadamente 1,5 millones de toneladas métricas entran en el medio marino cada año a consecuencia de las pérdidas en el transporte. De esta cantidad, 0,7 millones de toneladas se deben a los residuos de la carga que siguen en el barco tras la

descarga. Estas sustancias residuales se deben al contenido de impurezas de la carga anterior y de su viscosidad. Sin embargo, se puede considerar que estos residuos conforman aproximadamente un 0,4% de la capacidad de carga del buque.

Durante las operaciones de limpieza de tanques y deslastro, gran parte de los residuos puede ser vertida al mar. Gracias a los sistemas de lavado con crudo, los buques de lastre segregado y al uso de procedimientos de carga sobre los residuos de la carga anterior, se ha conseguido reducir la contaminación debida a la operación de petroleros.

Además de las pérdidas mencionadas, las descargas del agua de sentinas que contienen productos oleosos y los residuos de fuel oil, también se incluyen en las pérdidas por transporte.

Debido a esto, es de gran importancia la existencia de instalaciones adecuadas para poder recepcionar lastre sucio, residuos oleosos o slops. Aunque la cantidad de residuos oleosos podría ser controlada por medio de una gestión apropiada.

[DERRAMES ACCIDENTALES DEBIDOS A BUQUES PETROLEROS](#)

Se calcula que desde 1974 se han producido alrededor de 10000 vertidos de crudo en los océanos debido a los buques petroleros. A pesar de que las grandes catástrofes son las que han producido mayor cantidad de vertidos, las contaminaciones desde petroleros originadas por otras causas son mucho más numerosas.

[Labores rutinarias de carga y descarga de los petroleros](#)

En estas operaciones son en las que se producen la mayor parte de los vertidos de hidrocarburo al mar. Sin embargo, son vertidos individualmente de poca cantidad y suceden en los puertos. De acuerdo a los datos ofrecidos por ITOPF (Tanker Owners Pollution Federation) entre 1974 y 2002 ocurrieron 17 vertidos de más de 700 toneladas, 301 vertidos de entre 7 y 700 toneladas y 2772 vertidos inferiores a las 7 toneladas.

Vertidos ilegales en labores de limpieza en alta mar

Debido a la reiterada limpieza ilegal que se hace de los tanques de barcos petroleros en alta mar, con el consiguiente vertido de residuos de hidrocarburos, diferentes organizaciones ecologistas han denunciado este hecho. De hecho, según la organización internacional Oceana, este tipo de contaminación puede llegar a tener un impacto anual entre 8 y 25 veces mayor que un accidente como el del Prestige.

Hundimientos

Es la principal causa de las grandes catástrofes ocurridas en la historia del transporte de hidrocarburos. A pesar de que el mal estado del mar y la climatología puedan ser causantes de alguno de los siniestros, los mayores responsables son la antigüedad y el mal estado de la flota petrolera. Según la organización medioambiental Worlwatch Institute, actualmente hay más de 7000 petroleros en uso con más de 15 años de antigüedad.

Incendios y explosiones

Desde el hundimiento del Torrey Canyon en 1967, se han producido 185 mareas negras de más de 700 toneladas cuyos orígenes vienen del incendio o explosión de buques. Un ejemplo de esto sería el petrolero chipriota “Haven” de 144000 Tn. que el 11 de abril de 1991 se incendió debido a una explosión a una milla del puerto italiano de Génova y derramó 80000 Tn. de crudo que causaron una mancha de 25km cuadrados.

Colisiones

Desde 1972, se han producido 511 colisiones entre barcos que han producido vertidos de diferentes magnitudes. La segunda mayor catástrofe de los últimos 50 años, según la cantidad de toneladas de crudo vertidas al medio, ocurrió por el choque entre los superpetroleros Aegean Captain y Atlantic Empress en las cercanías de Trinidad y Tobago, donde se vertieron unas 280000Tn. de crudo.

Causas desconocidas

Desde el año 1974 ha habido un elevado número de contaminaciones en el mar por hidrocarburos de los cuales no se han podido conocer las causas, según ITOPE. Así, esta empresa ha contabilizado un total de 2424 casos que no tienen un origen conocido. De estos casos, 2221 fueron vertidos inferiores a las 7 toneladas.

ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN EN EL MAR

Un gran número de pequeños vertidos ocurren durante las operaciones rutinarias, como la descarga de aguas oleosas y el trasvase de lodos. Sin embargo, los principales accidentes contaminantes de las actividades offshore, como los escapes, son casos muy raros pero que pueden resultar en una gran cantidad de hidrocarburos perdidos (vertidos) si la fuga del pozo no se controla rápidamente.

El caso más llamativo de este tipo de vertidos de hidrocarburo se produjo el 22 de abril de 2010, en la plataforma petrolífera Deepwater Horizon, situada en el golfo de México. La plataforma se hundió dejando un vertido de crudo de, estimadamente, 779000 Tn.

VERTIDOS TERRESTRES Y ATMOSFÉRICOS

Los vertidos terrestres de hidrocarburos al medio marino se producen a través de los ríos. Éstos transportan los residuos provenientes de refinerías y otras industrias hasta el mar. Además, la red de saneamiento puede conducir residuos al medio marino. Puede que no parezca demasiada cantidad, pero de acuerdo con los datos obtenidos (estimados), el mayor porcentaje de hidrocarburos que llegan al mar provienen de las actividades terrestres, un 37% proviene de las industrias y ciudades y un 9% de las emisiones atmosféricas (las cuales no son tenidas en cuenta en el presente trabajo), un 46% en total que deja atrás, incluso, a los vertidos por las embarcaciones (33% de los vertidos por operaciones rutinarias y 12% por accidentes petroleros). Los vertidos por fuentes naturales y exploración y producción de hidrocarburos solamente suman un 9% (Océana, 2004)

FUENTES NATURALES

Los vertidos debidos a fuentes naturales son muy difíciles de cuantificar. Sin embargo, aunque su distribución no es uniforme ni mucho menos, las filtraciones de los hidrocarburos pueden ser asociadas con regiones con actividad tectónica. Además, la erosión de sedimentos ricos en hidrocarburos se puede localizar en zonas terrestres y, normalmente, forman parte del arrastre de los ríos.

COMPORTAMIENTO DE UN DERRAME EN EL AGUA

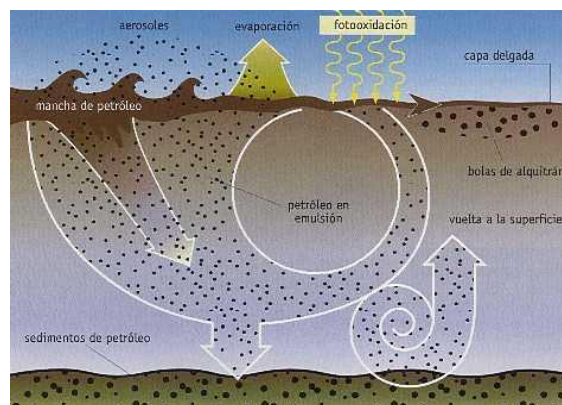
En el momento en que se crea un derrame de hidrocarburos en el mar, éstos comienzan una serie de transformaciones en sus propiedades fisicoquímicas que cambian su comportamiento y sus características.

Estas transformaciones se conocen con el nombre de meteorización o intemperización, y duran desde que se crea el derrame hasta que los hidrocarburos se eliminan totalmente. Los principales factores que afectan a la transformación de los hidrocarburos, es decir, a su tasa de meteorización son:

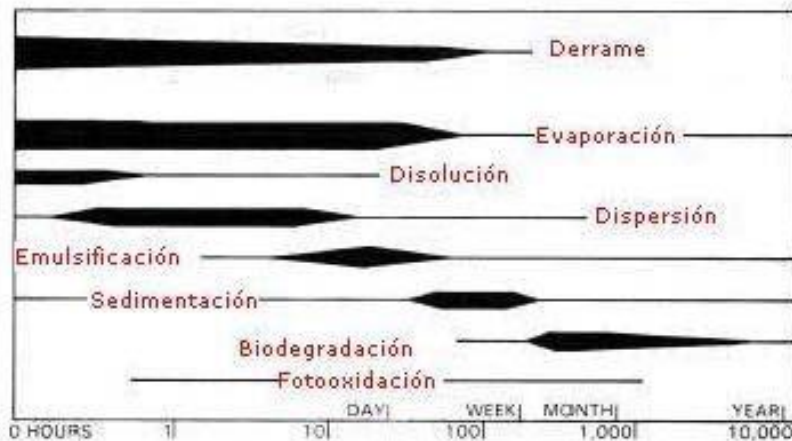
- Las características físicas del producto, en concreto, la densidad relativa, la viscosidad y la gama de ebullición.
- La composición las características químicas del producto
- Las condiciones meteorológicas (estado del mar, la luz solar y la temperatura del aire).
- Las características del agua del mar (densidad relativa, corrientes, temperatura, presencia de bacterias, sólidos disueltos y nutrientes y oxígeno disuelto). (IMO, 2005)

Por lo tanto, conocer estos factores y cómo afectan a la transformación de los hidrocarburos nos ayuda a la hora de planificar la lucha contra los derrames. Sin embargo, también es necesario conocer los fenómenos que ocurren en el medio marino. Estos son:

- Propagación
- Evaporación
- Disolución
- Dispersión
- Oxidación
- Emulsificación
- Sedimentación
- Biodegradación



Procesos de un derrame de hidrocarburos en el agua. (Rodríguez, 2008)



Distribución temporal de los procesos en un derrame de hidrocarburos. (Centro Tecnológico del Mar)

PROPAGACIÓN

Cuando se produce un derrame de hidrocarburos en el mar, los hidrocarburos flotan y comienzan a extenderse formando una película uniforme de color oscuro que, conforme se va extendiendo, se reduce a brillos iridiscentes o plateados.

De esto se puede deducir que los factores más importantes a la hora de prever la velocidad de propagación de los hidrocarburos son la cantidad de HC derramados, la viscosidad de éstos y la temperatura del agua. Si la temperatura del agua está por debajo del punto de fluencia de los HC derramados no se propagarán demasiado. Por ejemplo, algunos petróleos y combustibles pesados son muy viscosos y no tienden a esparcirse mucho.

Tras unas pocas horas, las manchas se fragmentan y forman hileras que se encuentran situadas paralelamente a la dirección del viento. En esta nueva fase, la velocidad del viento, el oleaje y las corrientes son los factores más importantes a tener en cuenta para la velocidad de propagación.

Cuando los hidrocarburos se propagan, no lo hacen de una manera uniforme, sino que existen grandes variaciones en el espesor de la película de hidrocarburos aún dentro de la misma mancha.

De acuerdo con el Instituto de Petróleo Americano (A.P.I.) se puede establecer una relación entre el grosor de la película de hidrocarburos y su color, de acuerdo con la siguiente tabla:

APARIENCIA	ESPESOR APROXIMADO (mm)	VOLUMEN APROXIMADO (m ³ /Km ²)
Apenas visible	0,00005	0,05
Brillo plateado	0,00010	0,1
Primeras trazas de color	0,00015	0,15
Pocas bandas de colores brillantes	0,00025	0,25
Muchas bandas de colores brillantes	0,00050	0,5
Bandas de colores mates claros	0,00100	1
Bandas de colores mates oscuros	0,00200	2
Bandas de colores crema claros	0,00500	5
Bandas de colores marrón oscuro	0,01000	10
Parches marrones claros y oscuros, zonas color negro	0,02500	25
Nódulos negros sobre fondo marrón	0,05000	50
Franjas marrón oscuro	0,10000	100
Franjas colores oscuros y negro	0,25000	250
Mancha compacta, colores café oscuro	0,50000	500
Mancha continua y totalmente negro	1,00000	1000
Fuertemente negro con ondulaciones amortiguadas	2,00000	2000
Fuertemente negro sin ondulaciones	3,00000	3000

Tabla 1: Relación del color de la mancha con su espesor. (Rodríguez, 2008)

EVAPORACIÓN

Los componentes más volátiles de los hidrocarburos derramados se evaporan a la atmósfera, haciendo que el hidrocarburo se vuelva más pesado y pueda llegar a hundirse. Debido a este efecto, se considera la evaporación como el proceso más importante a la hora de examinar la evolución del derrame. Afecta a la composición del

producto, aumentando su densidad y viscosidad y reduciendo su solubilidad en agua, lo que conlleva una menor toxicidad.

La velocidad a la que se produce la evaporación del hidrocarburo derramado depende de dos tipos de factores.

- Factores referentes al hidrocarburo: Tensión de vapor, área del derrame, coeficiente de transferencia de masa, tasa de esparcimiento y espesor de la capa del derrame.
- Factores ambientales: Estado de la mar, temperatura del aire, temperatura del agua y la radiación solar.

Usando el sentido común, podemos deducir acertadamente que cuanto menor sea el punto de ebullición del hidrocarburo y mayor sea el área del derrame, mayor será la tasa de evaporación. De la misma manera, las condiciones de viento fuerte y alta temperatura también aumentan la tasa de evaporación.

Experimentalmente se ha demostrado que aproximadamente la mitad del petróleo crudo puede perderse por evaporación entre las 24 y las 48 horas tras el derrame. Para el caso de los fuel-oil pesados se puede evaporar un 10% del derrame, y hasta un 75% en el caso de los fuel-oil livianos, gasolina y queroseno.

DISOLUCIÓN

La disolución es el proceso por el que las fracciones de menor peso molecular del petróleo se diluyen en el volumen de la columna de agua y en los alrededores del derrame. La tasa de disolución depende de la composición del derrame, de la tasa de esparcimiento, de la temperatura del agua, de las turbulencias y del grado de dispersión.

Aunque este proceso comienza inmediatamente tras el vertido se considera de largo plazo. Aun así, gracias a los procesos de oxidación y biodegradación que se producen de manera constante, se siguen produciendo sustancias solubles en el agua.

Los elementos más ligeros son los más solubles, por lo que desaparecen rápidamente de la superficie. Es necesario remarcar que, aunque desaparezcan de la superficie, se han diluido en el agua y hay que tener en cuenta la toxicidad que esto conlleva. Debido

a esta toxicidad es muy importante conocer los parámetros específicos de cada componente para poder hacernos una idea del grado de toxicidad del hidrocarburo. Por norma general los componentes más solubles son los más tóxicos.

DISPERSIÓN

La dispersión es un proceso análogo al de la disolución. Sin embargo, en el proceso de dispersión, al contrario que en el de disolución, el hidrocarburo no se mezcla con el agua, sino que las partículas más pequeñas del hidrocarburo derramado se quedan en suspensión en el ambiente marino.

La velocidad de dispersión depende fundamentalmente de la composición de los hidrocarburos y del estado del mar. Este proceso es más fácil cuando los hidrocarburos tienen baja viscosidad. Además, se ve favorecido por las turbulencias en la superficie del mar, ya que así se disgregan en gotas las manchas de hidrocarburo. Las gotas más pequeñas se mantienen en suspensión mientras que las más grandes suben de nuevo a la superficie, donde se fusionan con otras gotas para volver a formar la película de hidrocarburo.

Los hidrocarburos que ya han sido dispersados se mezclan en volúmenes cada vez mayores de agua de mar, lo que produce una reducción rápida en su concentración.

El aumento de la superficie que presentan los hidrocarburos dispersos ayuda a otros procesos como la disolución, la sedimentación y la biodegradación.

OXIDACIÓN

Es el proceso por el que se combinan los hidrocarburos con el oxígeno atmosférico, produciendo fenómenos de oxidación que ayudan a la degradación de éstos. Al ser un proceso que se da en la superficie, su efecto es potenciado cuanto más extendido esté el derrame. Sin embargo, este fenómeno tiene una importancia mucho menor a la hora de degradar los hidrocarburos ya que en el derrame solo puede entrar una pequeña cantidad de oxígeno.

El proceso de oxidación de lugar a la formación de compuestos solubles, que terminan disueltos en la columna de agua, o de alquitranes persistentes, en el caso de que el derrame fuese una capa gruesa de hidrocarburos viscosos.

Como proceso complementario se puede hablar de la oxidación fotoquímica o fotooxidación, en la que los rayos ultravioletas de la luz solar provocan una degradación de los hidrocarburos.

EMULSIFICACIÓN

La emulsificación es un proceso por el que un líquido se dispersa en otro en forma de pequeñas gotas. Por lo tanto, puede haber dos tipos de emulsiones, las de petróleo en agua y las de agua en petróleo. En ambos casos el factor más importante a tener en cuenta es el oleaje.

- HIDROCARBURO EN AGUA:

Este tipo de emulsiones son lo que se ha mencionado antes como proceso de dispersión.

- AGUA EN HIDROCARBURO

Se forman cuando el agua forma pequeñas gotas en petróleos de alta viscosidad o de naturaleza asfáltica. Esto puede aumentar el volumen del derrame hasta cinco veces la cantidad vertida. El estado del mar es un factor importante a la hora de que se produzca este fenómeno, ya que con mares en calma el proceso se ve bastante reducido.

Los hidrocarburos viscosos absorben agua más lentamente que los más fluidos. A medida que se desarrolla la emulsión, el movimiento de los hidrocarburos en las olas provoca que las gotas de agua contenidas en los hidrocarburos se hagan más pequeñas, lo que aumenta la viscosidad de la emulsión.

Conforme aumenta la cantidad de agua en la emulsión, la densidad de ésta se va aproximando a la densidad del agua de mar, aunque sin la adición de partículas sólidas no la va a superar.

Al mismo tiempo, la estabilidad de la emulsión aumenta si los compuestos más viscosos recubren las gotas de agua. Las emulsiones más estables pueden llegar a contener hasta

un 80% de agua, suelen ser semisólidas y con un color rojo/marrón, naranja o amarillo. Son muy persistentes y pueden permanecer en emulsión indefinidamente. Si llega a la costa y se adhiere a la arena o a las rocas, se producirá la evaporación del agua quedando el material asfáltico en forma de grumos.

SEDIMENTACIÓN

Este proceso ocurre cuando los hidrocarburos derramados adquieren mayor densidad que la del agua de mar y se hunden. Los mecanismos que pueden llevar a esta situación son varios.

El primero sucede cuando las gotas de hidrocarburos dispersos interactúan con partículas sedimentarias y materia orgánica suspendida en la columna de agua. El resultado es que las gotas adquieren suficiente densidad como para hundirse lentamente. Este tipo de sedimentación se da en áreas costeras poco profundas y en las aguas de desembocaduras de los ríos y estuarios debido a que estas aguas acumulan materiales sólidos suspendidos.

En casos muy concretos, los hidrocarburos pueden ser arrastrados, junto con materiales sólidos suspendidos en situaciones de tormenta, hacia el fondo marino. Estos materiales sólidos pueden consistir en arena arrastrada por el viento que se llegue a depositar sobre los hidrocarburos.

Otra situación que puede llevar al hundimiento de los hidrocarburos es al ser ingerido por organismos presentes en el plancton e incorporados a gránulos fecales que serán depositados en el fondo marino.

La mayoría de los hidrocarburos tienen gravedades específicas suficientes para permanecer a flote, salvo que se adhieran a materiales más densos. Sin embargo, algunos crudos pesados, el fuel-oil pesado y las emulsiones de agua en hidrocarburo pueden tener una gravedad específica parecida a la del agua de mar, con lo que a la menor interacción con sedimentos puede hundirse.

Los incendios son otra causa que puede llevar al hundimiento de los hidrocarburos. Esto es debido a que en el incendio no se consumirán solo los compuestos más livianos, sino

que se formarán productos pirogénicos más pesados debido a las altas temperaturas. Esto es factor importante a la hora de considerar la incineración in situ de los hidrocarburos.

La sedimentación es un proceso importante a largo plazo, que va acumulando los hidrocarburos derramados en el medio marino. Sin embargo, no es usual encontrarse con el hundimiento de una gran cantidad de hidrocarburos, salvo en el caso de aguas poco profundas.

BIODEGRADACIÓN

Es un proceso que consiste en la utilización, por parte de una gran cantidad de microorganismos, de los hidrocarburos como fuente de carbono y energía. A través de este proceso, se termina de limpiar del medio marino un derrame.

Es un proceso muy lento y se produce por la acción de microorganismos marinos capaces de metabolizar compuestos de hidrocarburos de hasta 40 átomos de carbono. Estos microorganismos incluyen bacterias marinas, hongos, levaduras, mohos, algas unicelulares... y se pueden encontrar en todos los océanos del mundo, siendo más abundantes en áreas que tengan que lidiar con la aparición reiterada de hidrocarburos, como las zonas próximas a centros urbanos, las áreas con filtraciones naturales o en aguas costeras contaminadas repetidamente.

Los principales factores que afectan a la tasa de biodegradación son la disponibilidad de oxígeno y nutrientes (nitrógeno y fósforo) en el medio, la temperatura y la salinidad del agua, el área superficial del derrame, la composición de los hidrocarburos y la composición y tamaño de la población microbiana.

Mientras se van degradando los hidrocarburos, se generan compuestos intermedios antes de llegar a los productos finales de la descomposición, que son el dióxido de carbono y el agua.

Debido a que cada tipo de microorganismo tiende a degradar un conjunto de hidrocarburos específicos, se necesita mucha variedad de microorganismos para continuar la degradación.

En condiciones de agua bien oxigenada y en un rango de temperatura de los 20 a los 30 grados, las bacterias pueden llegar a descomponer hasta 2 gr/m². Sin embargo, esta tasa se ve muy reducida si el agua está a unos 10 grados y se vuelve nula para menos de eso.

La manera en la que la biodegradación se ve favorecida está determinada por el proceso de descomposición de los hidrocarburos. Básicamente es un proceso de oxidación en el que los microorganismos utilizan el oxígeno disuelto para metabolizar los hidrocarburos. Por esta razón la acción de las corrientes y el oleaje ayudan a la biodegradación, ya que aportan mayor cantidad de oxígeno al derrame. Además, aumentan el área superficial de las gotas de hidrocarburos al dispersarlos.

PLANES DE CONTINGENCIA POR CONTAMINACIÓN MARINA ACCIDENTAL

En el caso de que se produzca un derrame accidental de hidrocarburos, lo principal, como en cualquier emergencia, es haber realizado una buena planificación sobre cómo ha de realizarse la operación que se vaya a llevar a cabo. Esta planificación, basándose en el Real Decreto 253 de 2004 y considerando un derrame accidental de hidrocarburos, incluye cualquier aspecto que se nos ocurra, desde la relación entre los distintos órganos estatales, como la distribución de medios, hasta el entrenamiento que vayan a recibir los encargados de ocuparse del derrame si llega a ocurrir.

La ventaja que ofrece un plan de contingencia bien preparado y probado es que va a facilitar la toma de decisiones, así como agilizar todos los procedimientos que se vayan a llevar a cabo. Por ejemplo, en el accidente de un buque petrolero, habrá que realizar muchos tipos de operaciones. No sólo operaciones de limpieza de los hidrocarburos derramados, sino operaciones de búsqueda y salvamento marítimo, remolque, lucha contra incendios, etc. Además, se tiene que tener en cuenta cómo puede afectar a temas tan variados como la seguridad y la salud pública, el impacto medioambiental, la pesca, las actividades comerciales y de recreo... Todo esto sumado a la rapidez con la que se debería resolver la mencionada situación, hace que sea extremadamente necesario contar con un plan de contingencia correctamente realizado.

ALCANCE Y CONTENIDO

A pesar de haber puesto como ejemplo el accidente de un buque petrolero, la mayor parte de los derrames que ocurren son pequeños y se pueden controlar de manera local. Si el incidente es de mayor importancia y es demasiado para la capacidad de respuesta local o afecta a un área más extensa, se responderá siguiendo un nuevo plan capaz de controlar el derrame de mayor importancia, siempre siendo compatible con el plan anterior. Debido a esto, las respuestas que se dan a distintas importancias de derrames están basadas en una serie de planes de menor a mayor (en cuanto a la administración que se ocupa de ellos) pero que se integran unos en otros de manera cohesionada.

De esta manera, existen planes locales para incidentes en puertos o costas, que se integran en un plan regional, que a su vez forma parte de un plan nacional, y éste de uno internacional.

En lo relativo al contenido de los planes de contingencia, dependiendo de la amplitud de su alcance, tienen variaciones en función del grado de riesgo que prevengan o el tamaño de la zona que protejan. Además, todos los contenidos han de ser sencillos de entender, manteniendo la compatibilidad. De esta manera se pueden realizar las evoluciones de nivel de manera eficiente. Finalmente, todos los planes, independientemente de su alcance, deben seguir un formato similar y adecuado que permita una fácil comprensión.

OBJETIVOS DE UN PLAN DE CONTINGENCIA

El objetivo principal de todo plan de contingencia es contrarrestar cualquier daño que pueda ser ocasionado por un derrame de hidrocarburos.

Los daños ambientales que pueden ser ocasionados por un derrame de hidrocarburos son:

- Físicos: Modifican la temperatura y la transparencia del agua, además de entorpecer los procesos de transformación de la costa.
- Químicos: Cambian la composición química del agua al añadir hidrocarburos y otros componentes tóxicos mientras disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en la misma.
- Biológicos: Afecta a todos los organismos marinos, la flora y la fauna.
- Sociales: Altera los recursos pesqueros y modifica las áreas turísticas y de recreo haciendo que varían los métodos productivos de los habitantes de la costa.

Además, los planes de contingencia intentan realizar un uso más lógico de los recursos necesarios para el control de los derrames. Para ello se vigila la adquisición de equipos y materiales, así como su mantenimiento físico, el adecuado entrenamiento del personal encargado de realizar las operaciones y la centralización de las operaciones. Todo ello añadido a mantener el control administrativo, legal, financiero y operativo de todas las maniobras. Así, los objetivos concretos de un plan de contingencias son:

- Detallar los sistemas necesarios para realizar la detección y el aviso de la existencia de un derrame de hidrocarburos.
- Facilitar los planes de actuación para poner en práctica las medidas más eficaces que puedan controlar la dispersión del derrame.
- Concretar las estrategias a seguir durante la limpieza y reacondicionamiento de las zonas costeras afectadas.
- Establecer cómo se dispondrán de los hidrocarburos recolectados y los desechos.

Para poder minimizar todos los efectos adversos antes detallados y conseguir los objetivos que acabo de mencionar, cualquier plan de contingencia correctamente realizado va a seguir una serie de etapas:

Lo primero que se ha de realizar es un análisis de los riesgos que puede ocasionar el derrame de hidrocarburos, tras esto se procede a estudiar el comportamiento del derrame en el agua. Una vez que se sabe qué evolución va a seguir el derrame, se hace una evaluación de la sensibilidad de las costas y zonas protegidas cercanas a la zona del derrame, además de los recursos de la zona. Finalmente se crea una estructura organizativa que lleva a la formación de un plan de acción contra los frentes del derrame de hidrocarburos.

ESTRUCTURA DE UN PLAN DE CONTINGENCIA

Los planes de contingencia tienen que tratar muchos temas distintos, por esa razón deben estar divididos en dos partes para que su estructura sea más intuitiva.

Parte analítica o estratégica.

En esta parte se van a decidir la política, las razones y las responsabilidades del plan operativo, es decir, las estrategias generales que se van a seguir si se llega a dar el caso de activación del plan. Esta parte está dividida en ocho secciones principales.

1. INTRODUCCIÓN:

En esta sección se identifica al o a los responsables de la creación y puesta en práctica del plan, explicando las obligaciones en las que se basa esta responsabilidad. Además, se delimitará el área geográfica de la que se va a ocupar y se precisarán los diversos planes que pueden activarse en su interior.

2. EVALUACIÓN DE RIESGOS:

En esta sección se realiza una valoración de los riesgos que existen en el área antes delimitada para el plan. Para realizarla se han de estimar la frecuencia y el tamaño de los derrames posibles. Es de mucha ayuda utilizar los registros históricos de los derrames ya sucedidos y analizar las actividades relacionadas con el uso de hidrocarburos existentes en el área.

Enfocados a conseguir una mayor precisión a la hora de realizar la valoración, se han de estudiar la evolución que vayan a sufrir los posibles derrames dependiendo del tipo de hidrocarburo vertido y de la época del año. De esta manera se tienen en cuenta los vientos y corrientes dominantes en cada periodo del año, las condiciones atmosféricas y las propiedades físicas de los tipos de hidrocarburos derramados.

3. PRIORIDADES DE PROTECCIÓN:

En esta sección se señalan las áreas más sensibles en términos ecológicos, es decir, las zonas que se verían más afectadas en el caso de que ocurriese un derrame. Las áreas de recreo, las zonas de pesca y agricultura, los refugios de aves y mamíferos marinos y las tomas de agua industrial son algunas de las zonas que deben ser más protegidas.

Este apartado solo muestra un breve resumen de cada una de las zonas, ya que los mapas de sensibilidad ambiental en los que se detallan pormenorizadamente estas zonas se encontrarán como anexo a la parte operacional. En estos mapas han de figurar las posibles variaciones estacionales a lo largo del año, ya que pueden cambiar las prioridades de protección de las áreas sensibles. Éstas son uno de los elementos más

importantes a la hora de crear una respuesta ante un derrame, ya que es poco probable que seamos capaces de defender todos los recursos sensibles de manera efectiva durante un suceso de este estilo.

4. ESTRATEGIAS DE RESPUESTA:

En esta sección se deciden las medidas que se van a tomar en caso de que se produzca un derrame. Para ello se han de tener en cuenta las prioridades de protección que se han establecido en la sección anterior y una valoración de los riesgos que se afrontan. Así, se ha de considerar la importancia relativa de los recursos en peligro, la probabilidad de éxito de las posibles acciones de respuesta en el mar y las dificultades que podrían llegar a presentarse para la limpieza de la costa. Las posibles estrategias que se pueden seguir son:

- No tomar ninguna medida salvo la vigilancia y evaluación del derrame. Esta estrategia se seguirá en aquellos casos en los que el derrame no se esté dirigiendo hacia la costa ni amenace ningún recurso. También es adecuada para los casos en los que la mancha desaparezca de forma natural (dispersándose o evaporándose) o para aquellas condiciones que no permitan tomar medidas eficaces de respuesta.
- Contener y recuperar los hidrocarburos en el mar. En algunos casos en los que las condiciones ambientales lo permitan, la respuesta adecuada consistirá en utilizar barreras remolcadas para contener los hidrocarburos y recuperarlos de la superficie del agua.
- Dispersar los hidrocarburos en el mar con dispersantes químicos. Esta respuesta consiste en aumentar, mediante la aplicación de dispersantes químicos, el proceso de dispersión natural que sufren los hidrocarburos en el mar.
- Incineración de los hidrocarburos in-situ. Esta solución consiste en contener los hidrocarburos en el mar, a través de barreras, para luego incinerarlos. Es una alternativa a la contención y recuperación de los hidrocarburos.

- Limpiar la costa. En el caso de que los hidrocarburos ya hubiesen llegado a la costa, es necesario comenzar a realizar la limpieza del litoral en muchos de los casos. Siempre que las condiciones ambientales lo permitan.

5. EQUIPOS:

Es esta sección se definen los equipos que se vayan a utilizar dependiendo de las diferentes zonas, los tipos de hidrocarburos vertidos y las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, indicar en qué zonas se podrían utilizar las barreras de contención dependiendo de la probabilidad de éxito, tanto en la contención como en la recolección, o utilizar las barreras para desviar el derrame a zonas menos sensibles o de accesibilidad más sencilla.

Además, se han de conocer los tipos de costa existentes dentro del área protegida por el plan y los mejores métodos de limpieza para cada tipo. De este modo se puede seleccionar el equipo más adecuado para cada zona. Hay que tener en cuenta la accesibilidad de los equipos a utilizar, como los equipos pesados, ya que no todos los equipos sirven para todos los tipos de costa.

6. SUMINISTROS Y MANO DE OBRA:

En esta sección se engloban todos los temas relacionados con la obtención y dirección de la mano de obra necesaria para cada riesgo contemplado. Así, se hace una estimación del personal necesario para cada riesgo, los procedimientos de movilización y los puntos de encuentro, la manera de obtener más mano de obra si fuese necesario, etc. Además, se detallan los suministros necesarios como la ropa, los alimentos, los servicios médicos, elementos de limpieza, etc.

7. CONTROL Y COMUNICACIONES

En esta sección se establece la línea de mando y responsabilidad, así como todos los métodos de comunicación con otros organismos que, si bien no están involucrados

directamente con las operaciones de lucha contra el derrame, sí que les pueden incumbir algunas partes. También se realiza el control de los medios materiales y humanos utilizados y los gastos realizados.

Para poder llevar a cabo estas tareas de forma eficiente, se han de crear formularios estandarizados que recojan toda la información de manera organizada, con el objetivo de mantener la documentación y los registros de las operaciones. Finalmente, se han de establecer los puestos de mando, los medios, los procedimientos de operación y los puntos de comunicación con los medios de manera que no interfieran con el resto de las operaciones.

8. EJERCICIOS DE ADIESTRAMIENTO

Esta sección se encarga de definir qué periodicidad tienen que tener los ejercicios de adiestramiento y cómo se han de efectuar.

9. PROCEDIMIENTOS PARA ACTUALIZAR EL PLAN

En esta sección se recogen los pasos a seguir a la hora de actualizar el plan. En muchos casos estos planes se actualizan después de haber atravesado una situación en la que había un derrame real. De esta manera, se puede aprender de la situación superada para mejorar y actualizar el plan.

Parte operativa.

En esta parte se deben concretar los procedimientos de respuesta ante un derrame, es decir, nos ofrece los pasos a seguir en el caso de que se produzca un derrame de hidrocarburos. Está compuesto por cuatro secciones:

1. ALERTA O NOTIFICACIÓN PRELIMINAR

El primer paso a la hora de luchar contra un derrame es recibir información sobre el mismo. Esta información puede provenir de las organizaciones de emergencia o las

fuerzas y cuerpos de seguridad del estado, y será entregada a la organización encargada del plan de contingencia. Esta organización debe avisar a todas las partes implicadas en el suceso a través del formato de alerta previa que ha sido preestablecido en el plan. La información mínima que tiene que contener este informe es la fecha y hora de la observación del derrame, su posición, la cantidad estimada de hidrocarburos derramados y si hay posibilidad de que se produzcan más derrames. Además, si se conoce la fuente o la causa también hay que incluirla, sin olvidar una descripción del derrame (largo, ancho y apariencia). Finalmente hay que añadir las acciones tomadas o que se van a tomar en breves para dar comienzo a la respuesta, identificando siempre al observador del derrame o a los terceros con los que se pueda contactar.

El primer informe que se ha de transmitir tiene que incluir los datos básicos para la respuesta, es decir, fecha, hora, posición y fuentes. Los demás datos se van facilitando conforme se vayan conociendo.

2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO

Una vez que hemos superado la fase de alerta, en la que se ha detectado el derrame y en la que se han conseguido todos los datos posibles, se debe valorar el riesgo que representa para poder tomar las acciones necesarias que minimicen sus efectos. Los factores que se han de tener en cuenta a la hora de realizar la valoración son:

- Su origen, lo que permitirá sopesar la posibilidad de que se produzcan más derrames.
- La magnitud del derrame.
- La composición de los hidrocarburos derramados, lo que permitirá conocer las características físicas y químicas.
- Las condiciones ambientales en el momento del derrame y en las siguientes 72 horas. Las condiciones que hay que conocer son el viento, el estado y la temperatura del mar y las mareas y corrientes existentes.
- El desplazamiento probable que vaya a sufrir el derrame.

- Las zonas y recursos que pueden correr peligro de contaminación. Estas zonas pueden ser de recursos pesqueros, zonas que requieran mayor protección (flora y fauna), zonas turísticas o zonas comerciales.

3. ACTIVIDADES DE RESPUESTA

Dependiendo de los factores que se han considerado en el paso anterior, el plan de contingencia ha de tener previstas múltiples opciones de respuesta en función de la valoración realizada:

- En el caso de que el derrame no amenace ninguna zona o recurso de importancia, la respuesta consiste en observar la evolución del derrame.
- En el caso de que el derrame amenace alguna zona o recurso, la respuesta consiste en tomar las medidas apropiadas para detener la expansión del derrame, a través de los métodos de contención.
- En el caso de que la protección de las zonas y recursos no sea posible mediante la contención, la respuesta consiste en dirigir el derrame a zonas sin recursos o de menor interés en las que sea fácil realizar las tareas de limpieza.
- Si los recursos ya han sido afectados o el derrame ha llegado a las zonas de interés, se han de elegir las prioridades sobre las que realizar las operaciones de limpieza.
- En el caso de que se produzca un derrame, siempre se han de tener previstos el personal y los equipos que puedan ser necesarios, conociendo su disponibilidad y su ubicación.

4. OPERACIONES DE LIMPIEZA

En esta sección se definen los procedimientos que pueden ser necesarios a la hora de realizar la limpieza de las zonas afectas. Estos procedimientos abarcan desde el despliegue de los equipos y del personal, tanto para la propia limpieza de la zona afectada como para la protección de recursos clave que aún no hayan sido alcanzados, hasta la disposición de las necesidades logísticas para todas las operaciones, pasando,

incluso, por mantener una vigilancia constante de la totalidad del derrame disponiendo de aeronaves que realicen una vigilancia aérea.

TIPOS DE PLANES

Ahora que ya se ha explicado en qué consisten los planes de contingencia y los pasos que hay que seguir para llevarlos a cabo, es necesario conocer qué clases de planes de contingencia se podrán encontrar. Los diferentes tipos de planes se determinan dependiendo de su ámbito de aplicación.

- Plan Interior de Contingencias: Su ámbito de aplicación abarca una instalación mar adentro, un puerto o una terminal marítima de carga y descarga de productos potencialmente contaminantes.
- Plan Territorial de Contingencias: Su ámbito de aplicación es el litoral de una Comunidad Autónoma. Por esta razón, los Planes Interiores se han de crear de tal manera que, si se tiene que activar el Plan Territorial, favorezcan las actuaciones necesarias.
- Plan Nacional de Contingencia: Su ámbito de aplicación es el mar territorial y la Zona Económica Exclusiva, que se encuentran bajo la jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional, que en el caso de España son el Ministerio de Fomento y, por debajo, la Dirección General de la Marina Mercante. Dentro del Plan Nacional, se engloban los Planes Territoriales, los cuales han sido creados de tal manera que, no solo no interfieren con el Plan Nacional, sino que de tener que activarlo, favorecerán las actuaciones necesarias.
- Plan Internacional de Contingencia: Se aplica si llegan a ver afectados dos o más países próximos.

CRITERIOS DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA

El Plan Interior será activado cuando el suceso de contaminación marina solo afecte a una instalación mar adentro, a un puerto, a un terminal marítimo o a la industria litoral. Además, los medios de respuesta disponibles han de ser suficientes para luchar contra el derrame. Aparte de activar el Plan, es imperativo informar del suceso a la Capitanía

Marítima a cargo de ese territorio y a las Autoridades Autonómicas competentes por si es necesario activar el siguiente nivel del Plan.

El Plan Territorial se activará en el caso de que la contaminación se produzca en una zona del litoral o, si la contaminación producida en una instalación mar adentro, en un puerto, en un terminal marítimo o en una industria litoral alcanza unas proporciones en las que no se pueda controlar el derrame con los medios disponibles y pueda llegar a afectar a una zona limitada del litoral o a una considerable extensión de costa.

El Plan Nacional se activará cuando el caso de contaminación haya sido causado por un accidente marítimo en el que estén involucrados uno o varios buques. Los accidentes pueden ser colisiones, varadas o averías en el casco. En los casos vistos anteriormente, también se activará el Plan Nacional cuando los medios disponibles en la Comunidad Autónoma no sean suficientes para luchar contra el derrame.

El Plan Internacional se activará cuando se prevea que la extensión del derrame producido puede afectar a la costa o aguas territoriales de un país vecino. En este caso, se ha de poner en conocimiento de las Autoridades del país afectado y a los organismos internacionales.

Como se puede deducir de la clasificación anterior, dependiendo de las circunstancias en las que se encuentre el derrame, pueden estar activados varios niveles de Planes de Contingencia. Debido a ello, se tienen que delimitar los campos de actuación de cada una de las Administraciones competentes y los métodos de coordinación de operaciones entre los grupos de respuesta que pertenecen a los distintos niveles de los Planes.

COMPETENCIAS DE LAS DISTINTAS ADMINISTRACIONES

La Administración General del Estado, a través del Ministerio de Fomento y de la Dirección General de la Marina Mercante, tiene a su cargo el cumplimiento de los Convenios Internacionales en materia de prevención y lucha contra la contaminación marina.

La protección del medio ambiente marino, la seguridad en la navegación y de la vida humana en el mar en las zonas portuarias fueron competencias atribuidas a la Administración Marítima por la Ley 27/1992 (Jefatura del Estado, 1992) de Puertos del

Estado y de la Marina Mercante, cuyo texto fue refundido en el Real Decreto 2/2011 (Ministerio de Fomento, 2011). Además, la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima tienen asignadas, entre otras tareas, la prevención y lucha contra la contaminación del medio marino y el salvamento de la vida humana en el mar.

Los Gobiernos de las Comunidades Autónomas, tienen competencias medioambientales dentro de su territorio, de acuerdo con sus respectivos Estatutos de Autonomía.

Las Administraciones Locales, de municipios costeros, tiene también competencias en cuanto a la limpieza de sus playas y costas.

CRITERIOS DE ACTIVACIÓN DE LOS DISTINTOS NIVELES DE PLANES DE CONTINGENCIA

1. DERRAME DE PRODUCTOS CONTAMINANTES AL MAR DESDE UN PUERTO, UNA INSTALACIÓN COSTERA O INTERIOR (sin implicación de buques)

En un primer momento se ha de activar el Plan Interior de Contingencias, pero si la magnitud del derrame excede los medios disponibles para combatir al mismo, se tendrá que activar el Plan Territorial de Contingencias. En este nuevo nivel, actuará la Administración correspondiente de acuerdo con el nivel de gravedad definido en el Plan. En el caso de que la Comunidad Autónoma, a través del Órgano responsable, pida apoyo para el plan Territorial activado, se activará el Plan Nacional y se podrá hacer uso de los medios que tenga asignados.

2. DERRAME DE PRODUCTOS CONTAMINANTES AL MAR DESDE UNA INSTALACIÓN COSTERA (con implicación de buque)

En una primera instancia se activará el Plan Interior de Contingencias y se podrá acceder a los medios que éste pone a nuestra disposición. Sin embargo, si la magnitud del derrame es tal que los medios a nuestro alcance no son suficientes, se tendrá que activar el Plan Nacional. Solo en el caso de que la costa próxima se vea amenazada, se activará el Plan Territorial.

3. DERRAME DE PRODUCTOS CONTAMINANTES AL MAR DESDE UN BUQUE ACCIDENTADO EN LA COSTA

Se han de activar el Plan Nacional y el Plan Territorial de tal modo que el Plan Territorial sea el documento que describa los procedimientos a llevar a cabo en la operación y esté apoyado por los medios que aporta la activación del Plan Nacional.

4. DERRAME DE PRODUCTOS CONTAMINANTES AL MAR DESDE UN BUQUE ACCIDENTADO EN AGUAS JURISDICCIONALES ESPAÑOLAS

En este caso, lo primero que se activará es el Plan Nacional. Tras esto, y si existe riesgo de que la contaminación llegue hasta la costa, se activarán los Planes Territoriales de Contingencia respectivos a las zonas a las que puede afectar el derrame.

5. DERRAME DE PRODUCTOS CONTAMINANTES DESDE UNA TERMINAL DE CARGA/DESCARGA EN AGUAS JURISDICCIONALES ESPAÑOLAS

Lo primero en activarse será el Plan Interior, aunque si la magnitud del derrame excede la capacidad de respuesta de los medios disponibles, se activará el Plan Nacional. Al igual que en el caso anterior, si existe riesgo de que el derrame alcance la costa, se activarán los Planes correspondientes a las zonas que puedan ser afectadas.

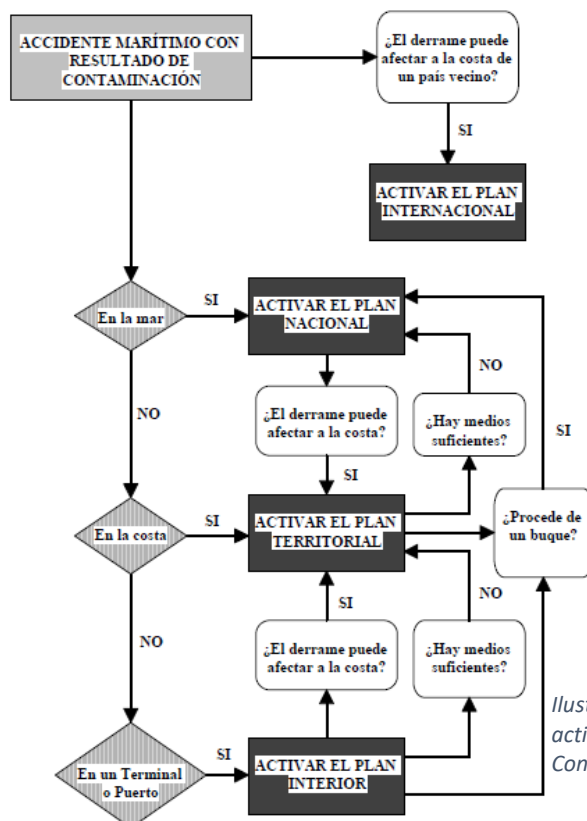


Ilustración 2: Esquema de activación de los Planes de Contingencia (Gómez, 2014)

CRITERIOS PARA LA COORDINACIÓN DE OPERACIONES ENTRE DISTINTOS PLANES DE CONTINGENCIAS

1. DIRECCIÓN DE LA EMERGENCIA:

La dirección de la emergencia y la coordinación general de los medios disponibles para luchar contra la contaminación serán diferentes para cada uno de los siguientes casos, dependiendo del nivel activado dentro de los Planes de Contingencia.

a. Cuando esté activado solamente un Plan Interior:

La persona encargada de realizar la dirección de la emergencia será aquella definida en el propio Plan Interior, designada por la Dirección de la instalación. En los casos en los que esta persona no haya sido determinada o por alguna cuestión especial no pueda cumplir con sus funciones, la Autoridad Portuaria correspondiente actuará como director de la emergencia.

b. Cuando esté activado solamente un Plan Territorial:

La persona encargada de dirigir la emergencia será aquella que designe el propio Plan.

c. Cuando esté activado solamente el Plan Nacional:

La persona encargada de dirigir la emergencia será el Director General de la Marina Mercante, tal y como lo define el propio Plan. Sin embargo, el Director General puede delegar estas funciones en el Subdirector General de tráfico, Seguridad y Contaminación Marítima.

d. Cuando estén activados conjuntamente un Plan Interior con el Plan Territorial correspondiente o con el Plan Nacional:

La persona encargada de dirigir la emergencia será la que designe el Plan con ámbito superior. Es decir, el Plan Interior se integrará dentro del otro Plan y éste último será el que designe al responsable de la dirección de la emergencia.

e. Cuando estén activados conjuntamente el Plan Nacional con un Plan Territorial:

Se formará un “Organismo Rector” compuesto por el Delegado del Gobierno de la Comunidad Autónoma que ha activado el Plan y el Director del Plan Territorial activado.

f. Cuando estén activados el Plan Nacional y más de un Plan Territorial:

El “Organismo Rector” encargado de dirigir las actividades estará compuesto por un representante de la Administración General del Estado, el cual ha sido previamente designado por la Presidencia del Gobierno, y los representantes de las Comunidades Autónomas implicadas en la activación del Plan.

g. Cuando sea necesario activar el Plan Internacional:

La Dirección y Coordinación de la respuesta será aquella que haya sido establecida en los Convenios Internacionales y en los Acuerdos regionales sobre la materia.

2. COORDINADOR DE LAS OPERACIONES:

Las personas encargadas de organizar cada uno de los Planes interiores y Territoriales serán designadas por los propios Planes y se ocuparán de la coordinación de los grupos a cargo de las operaciones de respuesta. En el caso del Plan Nacional, el Capitán marítimo de la zona afectada será el coordinador de operaciones.

3. CENTRO DE OPERACIONES:

Es el lugar desde el que el Coordinador de operaciones mantiene contacto con los grupos de respuesta que están realizando las labores directas de lucha contra la contaminación. Es decir, desde donde se imparten las instrucciones y se comunica el desarrollo de los acontecimientos a la Dirección de las operaciones. Este Centro será definido en los Planes Interiores y Territoriales, los cuales también definirán los procedimientos y protocolos de comunicación con los grupos de respuesta. Si se llega a activar el Plan Nacional, el Centro de operaciones se encontrará en el Centro de Coordinación Regional de Salvamento Marítimo y Lucha Contra la Contaminación (CRCS-LCC) de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima que haya sido afectada por el accidente.

4. COORDINACIÓN DE LA RESPUESTA:

Cuando un suceso de contaminación accidental ocurre, pueden tener lugar distintos sucesos debido a la intervención de los medios de diferentes Planes de Contingencia. Por lo tanto, los distintos casos posibles tendrán maneras variables de coordinar las operaciones de lucha contra la contaminación.

- a. Cuando está activado solo un Plan Territorial y colaboran con él medios adscritos a un Plan Interior o al Plan Nacional.

La figura de Coordinador de Operaciones será aquella que estipule el Plan activado, en este caso el Plan Territorial. Sin embargo, se ha de informar de manera adecuada a las organizaciones de las cuales dependen los medios externos puestos a la disposición del Plan.

- b. Cuando están activados el Plan Nacional y uno o más Planes Territoriales.

Cada uno de los Planes activados tendrá su propio Coordinador de Operaciones. Por lo tanto, cada coordinador se ocupará de controlar las operaciones que realicen los Grupos de Respuesta a su cargo. Sin embargo, deberán seguir una línea general de actuación de acuerdo con las instrucciones recibidas del Organismo Rector de la emergencia.

- c. Cuando estén activados el Plan Nacional y un Plan Interior.

Al ser el Plan Nacional de Contingencia de mayor nivel (a escala institucional) que el Plan Interior, la coordinación de las operaciones de respuesta será llevada a cabo por la persona designada por el Plan Nacional.

- d. Cuando estén activados un Plan Territorial y un Plan Interior.

Debido a que el Plan Territorial se encuentra un escalafón por encima de los Planes Interiores, la coordinación de las operaciones de respuesta será ejercida por la persona designada por el Plan Territorial.

- e. Coordinación de operaciones en el lugar del suceso.

Cuando se produzcan operaciones en las que estén actuando distintos Grupos de Respuesta, dependientes de distintos Planes de Contingencias, se designará un

“Coordinador de Zona”. Este puesto será designado por el Organismo Rector, pudiendo elegir al jefe de cada uno de los Grupos.

En resumen, la organización directiva y operativa de un Plan de Contingencias es muy simple, tal como se puede ver en el siguiente esquema:

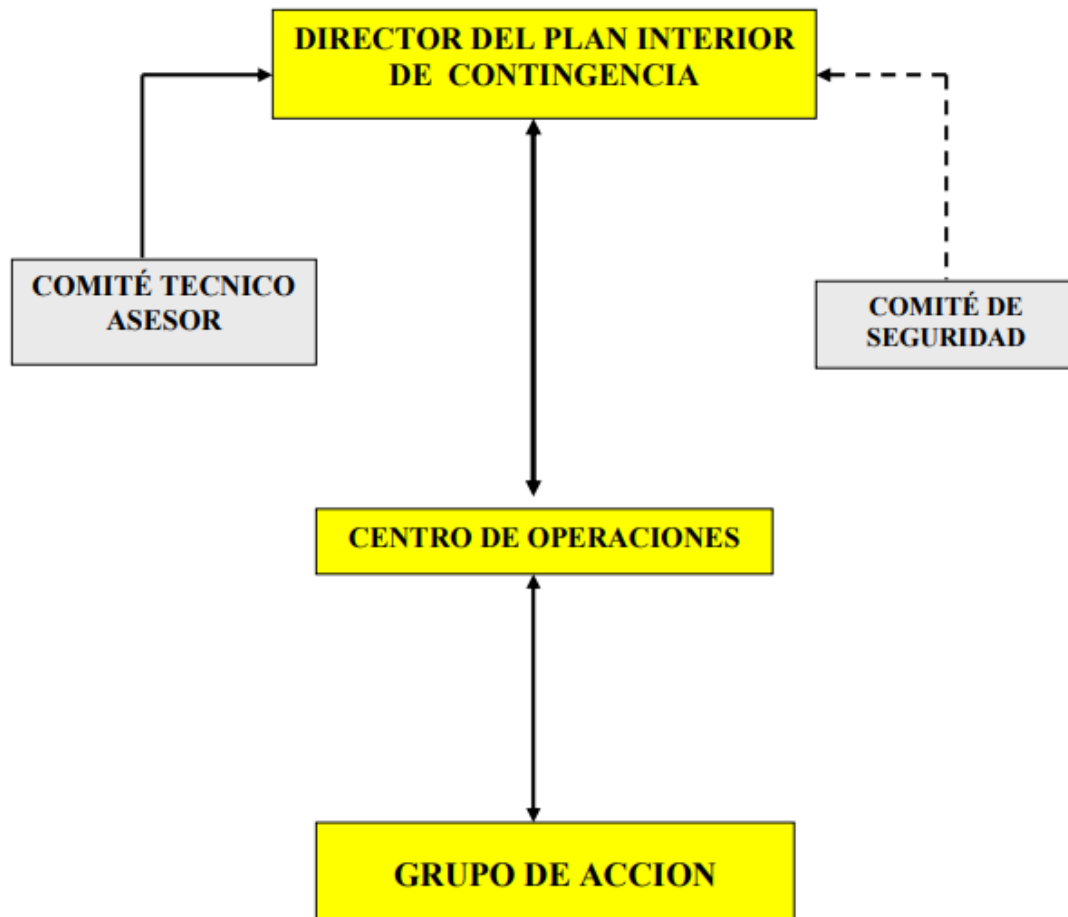


Ilustración 3: Esquema directivo y operativo de un Plan de Contingencia por vertido de hidrocarburos. (C&C Medio Ambiente, 2013)

~ DESARROLLO ~

HISTORIA DEL PUERTO DE SAN VICENTE DE LA BARQUERA

Se puede datar el municipio de San Vicente desde la Edad del Bronce. Sin embargo, se puede afirmar con relativa fiabilidad que el puerto no apareció hasta que los romanos construyeron el Portus Vereasueca en el mismo lugar en el que hoy está asentada la villa, en torno a las rías de Rubín y Pombo. A pesar de que es bastante probable que el puerto exista desde aquel entonces, debido a las faltas de pruebas empíricas, no se puede considerar como certeza, por lo que este periodo carece de importancia.

Dicho esto, se hubo de esperar hasta los comienzos del siglo XIII, cuando se produjo una explosión demográfica en la villa, para que el rey de aquel entonces, Alfonso VIII, otorgase el fuero a la población de San Vicente. Gracias a esta concesión que incluía privilegios e inmunidades, el monarca esperaba fomentar la actividad en una localización estratégica. Por lo tanto, desde un principio esta villa tomará un carácter pesquero definido por la riqueza de la ría, las posibilidades del mar, el fomento del comercio marítimo y los derechos de pesca en un territorio exclusivo otorgados por el rey.

A lo largo del siglo XIV San Vicente continúa en la época más brillante de su historia, apoyada en los privilegios otorgados por los reyes, como la exención del servicio militar por tierra a los pescadores, exención de impuestos y un mercado semanal franco (Gobierno de Cantabria). Además, en el año 1330 se crean las ordenanzas de la Cofradía de Pescadores y Mareantes del Señor San Vicente, que empiezan a ocuparse de lo relacionado con la pesca, el comercio y el control de la villa y su zona de influencia marítima.

El declive de la Villa de San Vicente comienza a acontecer a mediados del siglo XV debido a varios incendios y epidemias que merman la población. A pesar de ello, San Vicente fue, hasta entrado el siglo XVI, la más rica de todas las villas costeras gracias a una gran flota que se dedicaba a la pesca en el atlántico, además de navegar entre Irlanda y las Islas Canarias. Sin embargo, durante el reinado de Felipe II, éste embarga una gran cantidad de barcos para formar su armada y, al final de su reinado, se produce una crisis general en los puertos del Cantábrico que saca a San Vicente de las rutas internacionales. De hecho, y según la web de puertos de Cantabria, a finales del siglo

XVIII, tras su época de decadencia, solamente había un barco de pesca en San Vicente. Es ya en el siglo XX cuando se empieza a recuperar la actividad pesquera en la villa.

Desde el punto de vista administrativo, San Vicente ha formado parte del Corregimiento de las Cuatro Villas de la Costa de la Mar (Santander, Laredo, Castro Urdiales y San Vicente) desde los Reyes Católicos y ha sido la capital de la Hermandad de las Cuatro Villas de la Mar durante varios años. Finalmente, los diputados de esta villa participaron en todos los procesos de integración territorial de la región hasta que, en 1778, estuvieron presentes en la constitución de la Provincia de Cantabria.

DESCRIPCIÓN DEL PUERTO DE SAN VICENTE

De acuerdo con lo expuesto en la Web de Puertos de Cantabria (Gobierno de Cantabria, 2014), a los datos recopilados del TFG de Lorena Arriba Rodríguez (Rodríguez, 2012) y a lo manifestado en la Declaración de Impacto ambiental del Nuevo Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera (Gobierno de Cantabria, 2010), procedo a describir brevemente las características del Puerto de San Vicente.

Las coordenadas del puerto son:

- 43º 23,27' de latitud Norte
- 4º 23,75' de longitud Oeste



Ilustración 4: San Vicente de la Barquera (Google, 2018)

La entrada al puerto se encuentra orientada al Noreste, al igual que el canal de entrada, debido a la ría de San Vicente, formada por la desembocadura de los ríos Gandarillas, que se convierten en el Brazo Mayor de dirección suroeste-nordeste, y el río Escudo, de dirección sur-norte.

La desembocadura de la ría separa dos zonas con morfología diferente. En el margen izquierdo encontramos que la costa es rocosa y acantilada, siendo las denominadas

Peñas Mayor y Menor las que señalan el límite de la desembocadura. Mientras, en el margen derecho, se ha formado la Playa del Merón, cuyo puntal limita la desembocadura. La existencia de esta playa permite que nos imaginemos, con acierto, la existencia de una corriente costera de dirección Oeste-Este. Cuenta con dos estructuras de protección consistentes en un dique que une la Punta del Castillo con las Peñas Mayor y Menor, formando un espigón de 410 metros, y un dique de encauzamiento que sigue la forma del puntal y se extiende en sentido paralelo al dique opuesto a lo largo de 704 metros. La desembocadura tiene unos 90 metros en su sección más estrecha, con un calado máximo de 5 metros en bajamar. Aunque la anchura y la profundidad varían de acuerdo con la marea.

Dentro del estuario, la ría queda delimitada por los siguientes accidentes geográficos, cuyo número referencia el punto indicado en el mapa superior:

- 1: Arenal de Enmedio, en el centro.
- 2: Muelle pesquero, junto al barrio de la Barquera, en el Norte.
- 3: Puente Nuevo, muelle antiguo y el poblado de San Vicente de Barquera, en el Oeste
- 4: Puente de la Maza, en el Sur.
- 5: Playa del Tostadero

En cuanto a las características concretas del Puerto de San Vicente, se pueden obtener de la web de puertos de Cantabria (Gobierno de Cantabria, 2014). Son las siguientes:

- Extensión: 272.000,00 m²
- Longitud operativa de muelles: 385,00 m
- Superficie de lonja y cofradía: 1250 m²
- Capacidad de almacenamiento de la fábrica de hielo: 50 t.
- Carros de varada: 2 (de 100 t. y 400 t.)
- Grúa: 1 (5 t.)
- Grúas auxiliares: 1
- Básculas fijas: 1 (50 t.)
- Almacenes: 52
- Plazas de aparcamiento controlado: 360

- Embarcaciones del sector pesquero: 18
- Embarcaciones matriculadas de náutica recreativa: 364 en el 2012.

Hasta este momento he expuesto las características del lugar y las instalaciones ya existentes. Sin embargo, como este documento pretende crear un plan de contingencia para un puerto que aún no existe, voy a recurrir a seleccionar una de las alternativas descritas en la Declaración de Impacto Ambiental para la confección de este trabajo. La alternativa elegida es la 1B debido a que es la que plantea una cantidad menor de problemas, tanto administrativos como operacionales, siendo el mayor beneficio un menor impacto sobre el entorno. Se describe la alternativa en el siguiente fragmento de la Declaración: “En esta alternativa se considera la zona de la ría adyacente a la población de San Vicente de la Barquera, entre el Puente de la Maza y el antiguo muelle pesquero. Consta de un dique de cierre cuyo fin es encauzar las corrientes llenante y vaciante, evitando o reduciendo, la sedimentación del nuevo puerto deportivo. Las áreas de tierra requieren de un relleno propuesto en la zona intermareal, así como del dragado de la dársena. Los volúmenes de obra para esta alternativa se estiman en 100.000 m³ de dragado y 150.000 m³ de relleno. El área de dársenas de maniobra y atraque es de aproximadamente, 30.000 m², con una capacidad de unas 300 embarcaciones.” (Gobierno de Cantabria, 2010) A pesar de ser ésta la alternativa que provocaba el menor número de problemas se hubo de modificar parcialmente, siendo los datos -supuestamente- finales de la obra los siguientes:

- Dique de abrigo de 486 m. Sumergido completamente en condiciones de pleamar y emergido 1,10 m respecto al nivel medio del mar. Coronado a la cota +3,80 y con un ancho de coronación de 3 m
- Dragado: 225.000 m³, que incluyen el canal de acceso necesario, con un ancho de 26 m a la cota -3,30 m, y un pequeño volumen en el área técnica al norte, junto a la zona pesquera.
- Demolición: 450 m³ correspondientes a la nave ubicada en la futura área técnica y 241 m³ correspondientes al Parque del Relleno.
- Rellenos para explanadas: 0 m³
- Instalación de 9 pantalanés flotantes y fingers transversales, guiados por pilotes metálicos hincados.

- Capacidad de barcos: 350 atraques

Sin embargo, la creación del dique seguía levantando una oleada de protestas que sirvieron para que se realizasen algunos estudios relacionados con la existencia del dique y, sobre todo, de sus dimensiones. Los informes realizados son la “Justificación de la necesidad de un dique en la nueva dársena deportiva de San Vicente de la Barquera” y el “Dictamen sobre cuestiones de transporte sedimentario y condicionantes del dragado del proyecto de referencia”, donde se analiza de manera particularizada los efectos del dique como abrigo frente al oleaje y como contención de la sedimentación en el interior de la dársena.” (Gobierno de Cantabria, 2010)

Una vez realizados los informes, se concluye de manera firme que es necesaria la realización de este dique. No obstante, se modifica sustancialmente para evitar una serie de afecciones ambientales. Las características finales del dique son las siguientes:

- Longitud total de 244 m, que incluye el tramo E-O del arranque del dique y, aproximadamente, 150 m del tramo N-S.
- Se reduce la cota de coronación del dique a +3,0 respecto al Cero del Puerto.

Con estos datos queda definido el proyecto del Puerto Deportivo en el interior de la ría de San Vicente de la Barquera.

ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL PLAN

Como se ha explicado en la descripción que acabo de realizar, el Plan de Contingencia que se presenta en este documento se aplica en el Puerto de San Vicente de la Barquera.

Este puerto se encuentra en el Mar Cantábrico, en el Norte de la Península Ibérica, situado en las coordenadas antes mencionadas.

Si bien el Puerto de San Vicente existe, este trabajo tiene como objetivo crear un Plan de Contingencia no para el puerto ya existente, sino para el futuro puerto deportivo que puede que se llegue a inaugurar.

Las emergencias que derivan en la activación del Plan son debidas al vertido o caída al mar de sustancias contaminantes, nocivas y potencialmente peligrosas. Estas emergencias pueden estar causadas por los siguientes sucesos:

- Suministro de combustible a los barcos.
- Navegación de los buques por las aguas del puerto.
- Actividad de las empresas instaladas en el puerto.
- Otros sucesos menos probables:
 - o Carga/descarga de mercancías.
 - o Retirada de residuos de carga de los buques o de sus desechos.
 - o Tráfico rodado.
 - o Almacenamiento de mercancías y otros productos y su transporte.

Dadas las actividades que se practican en el puerto, hasta el momento, y las empresas que se ubican en el mismo, las mercancías que pueden llegar a causar algún problema de contaminación provienen principalmente del suministro de combustible a los barcos y de la navegación de los buques por las aguas del puerto.

En el puerto deportivo ya existente se pueden localizar una Instalación de Abastecimiento y Suministro de Combustible a Buques (IASB) y una caseta, pertenecientes a la empresa Repsol, y en el puerto pesquero se encuentra una IASB.

Dado que en el futuro puerto deportivo las actividades que se puedan realizar son las mismas que se están realizando en los puertos actuales, se considera que las sustancias capaces de producir un evento de contaminación por hidrocarburos son las mismas:

- Gasóleo A: Es un combustible para motores Diesel, utilizado en vehículos. Sus características son las siguientes.

Características	Unidad de medida	Mínimo	Máximo
Densidad a 15°C	Kg/m ³	820	845
Azufre	Mg/kg	-----	10
Número de cetano	-----	51	-----
Índice de cetano	-----	46	-----
Viscosidad cinemática a 40°C	Mm ² /s	2,0	4,5
Punto de inflamación	°C	Superior a 55	
Contenido de agua	Mg/kg	-----	200
Partículas sólidas	Mg/kg	-----	24
Contenido en ceniza	% m/m	-----	0,01

Tabla 2: Especificaciones Gasóleo A (Repsol, 2013)

- DMA. Es un Diesel Marino apropiado para buques. Sus características son las siguientes.

Características	Unidad de medida	Mínimo	Máximo
Densidad a 15°C	Kg/m ³	-----	890
Azufre	Mg/kg	-----	100
Índice de cetano	-----	40	-----
Viscosidad cinemática a 40°C	Mm ² /s	2,0	6.0
Punto de inflamación	°C	Superior a 60	
Contaminado de agua y sedimentos	% v/v	-----	0,1
Residuo carbonoso	% m/m	-----	0,35
Contenido en ceniza	% m/m	-----	0,01

Tabla 3: Especificaciones DMA (Repsol, 2011)

En el siguiente apartado del trabajo se pretenden definir, primero, las condiciones ambientales existentes en las cercanías del municipio de San Vicente de la Barquera. Esto es necesario debido a la influencia que tienen los distintos factores del clima sobre la evolución de un derrame de hidrocarburos, lo que puede llegar a producir la contaminación de áreas comprometidas.

Tras el análisis climático, es necesario estudiar el entorno ambiental potencialmente afectado por un derrame y el entorno social y económico existente en el municipio de San Vicente. Para ello se realiza un estudio de la vulnerabilidad de la zona y los riesgos que puedan llegar a afectarla.

DESCRIPCIÓN DEL CLIMA

El entorno de la zona de estudio se incluye en el ambiente oceánico, de carácter Atlántico, definido de manera general por una temperatura media templada y una distribución de las lluvias bastante regular a lo largo del año. Estas son frecuentes durante todo el año, pero durante los meses de julio y agosto se producen muchas menos. Los rasgos climáticos principales de esta zona son la abundancia de precipitaciones y la alternancia entre buen tiempo y tiempo lluvioso.

RÉGIMEN DE LLUVIAS Y TEMPERATURAS

Como ya he dicho, el clima de San Vicente de la Barquera es atlántico, uno de los principales climas dentro del grupo de los climas templados. En España este clima se puede encontrar en el norte y noroeste peninsulares. Se caracteriza por tener unas temperaturas suaves, además de las abundantes precipitaciones ya mencionadas. Los inviernos son suaves y los veranos frescos con una oscilación térmica anual de aproximadamente 10°C. En el siguiente gráfico se muestran las temperaturas y las precipitaciones medias ocurridas durante los últimos 30 años. La información se ha obtenido de la página web “meteoblue”:

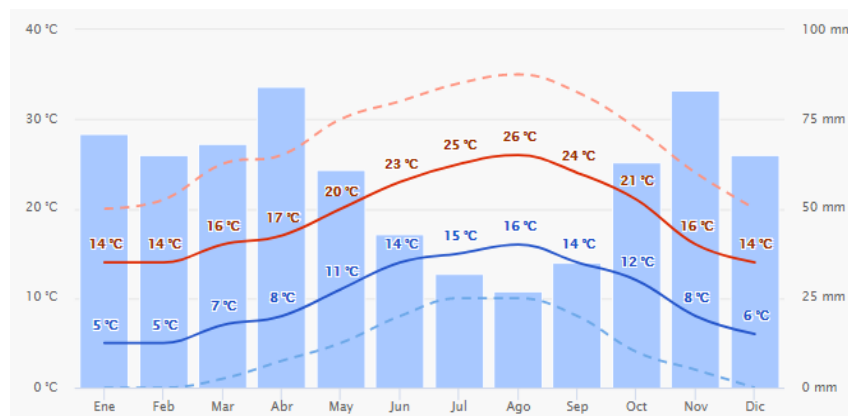
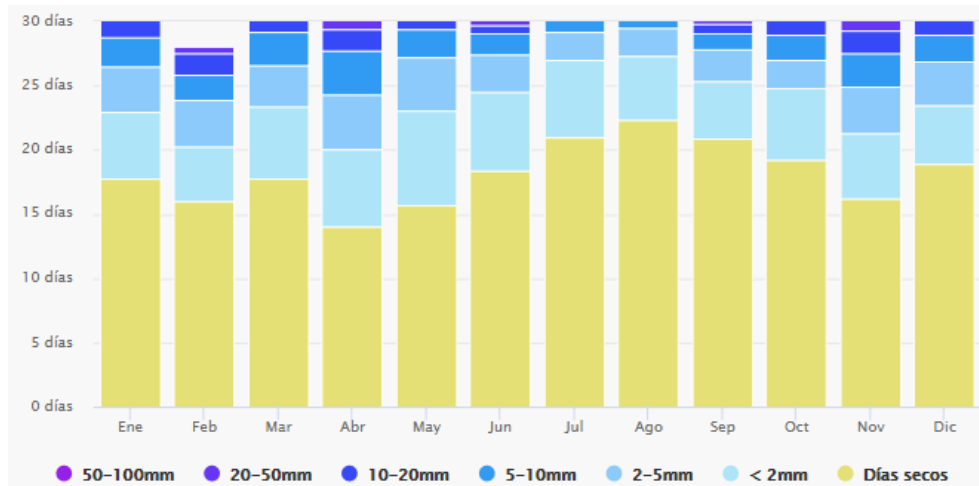


Ilustración 5: Temperaturas medias y precipitaciones (Meteoblue)

“La máxima diaria media (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes. Del mismo modo, el mínimo diario medio (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas rojas y azules discontinuas) muestra la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años.” (Meteoblue)

En el siguiente gráfico se muestran cuántos días al mes se han alcanzado ciertas cantidades de precipitaciones.

Ilustración 6: Cantidad de precipitación (Meteoblue)



Además de estos datos, del proyecto de Lorena Arriba Rodríguez se han obtenido la siguiente información procedente de la estación termopluviométrica de Comillas:

- Temperatura media anual: 13,5°C
- Media máxima mes más cálido: 21,8°C
- Media mínima mes más frío: 6,2°C
- Media máxima mes más frío: 11,8°C
- Pluviosidad total anual: 1137mm.
- Evapotranspiración: 711mm
- Escorrentía total: 425mm.

La evapotranspiración es la cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.

La escorrentía es el agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

RÉGIMEN DE VIENTOS

Los Vientos predominantes en el municipio de San Vicente de la Barquera son el Oeste, el Oeste-Noroeste y el Sur. En la siguiente gráfica se pueden observar “el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada” (Meteoblue)

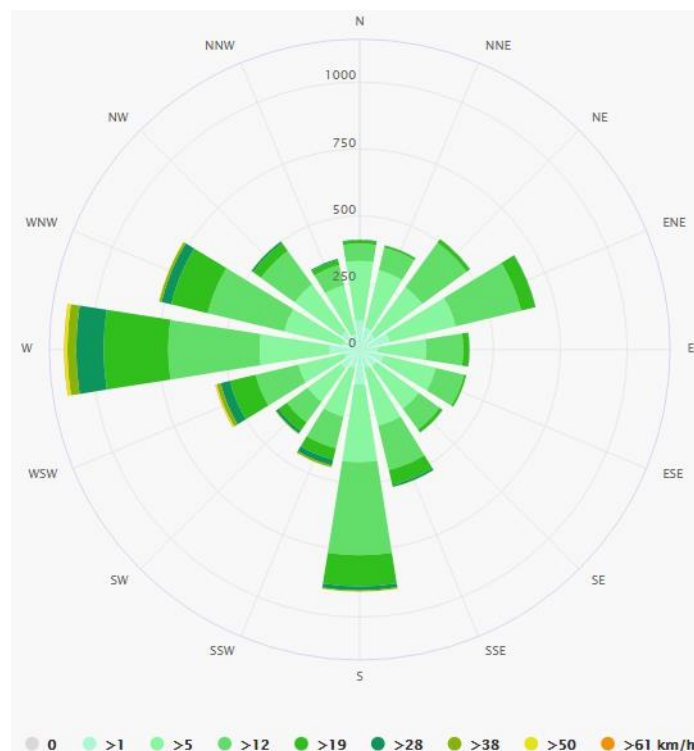
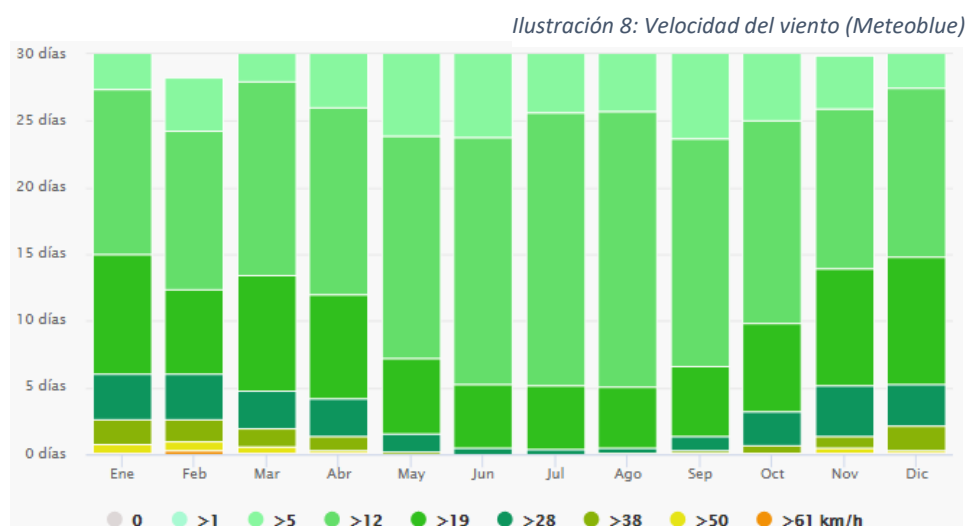


Ilustración 7: Rosa de los vientos (Meteoblue).

Debido a la importancia del viento en la evolución de un derrame de hidrocarburos, influyendo en la dirección y en la magnitud a la que se va a extender, expongo otro gráfico que muestra los días del mes durante los que el viento alcanza una cierta velocidad, ya que la dirección ha quedado definida con la rosa de los vientos:



Si se conoce un poco la zona de Cantabria y el tiempo que suele sufrir, se pueden dar las razones que llevan a la diferenciación del clima entre unos meses y otros, tal y como se ve en el siguiente gráfico.

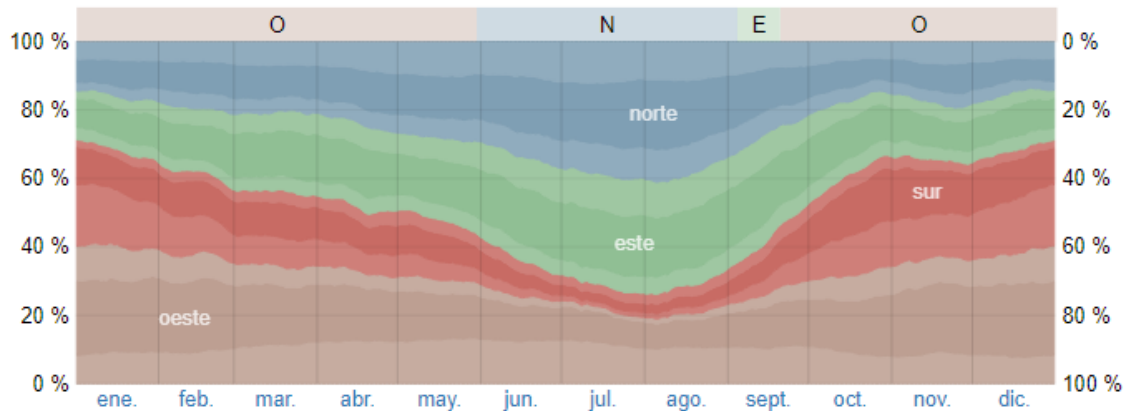


Ilustración 9: Dirección del viento (Cedar Lake Ventures)

La cornisa cantábrica se encuentra en una zona de circulación de borrascas. Esto es debido a que en nuestra latitud se produce la interacción de las masas de aire polar y subtropical marítimo. Estas borrascas son principalmente notorias durante los meses invernales ya que el frente de aire polar desciende a latitudes inferiores y trae consigo vientos del Oeste y del Noroeste cargados de humedad (proveniente del mar) lo que causa precipitaciones. Por otra parte, en los meses de verano el frente polar asciende hacia el Norte y deja paso a la influencia subtropical, que trae consigo anticiclones (tiempo estable) y vientos del Nordeste de escasa humedad, debido a su paso por el continente, que no dejan demasiadas precipitaciones.

RÉGIMEN DE INSOLACIÓN

La importancia del régimen de insolación radica en la influencia de los rayos solares en la temperatura del agua y del aire que rodean el derrame de hidrocarburo.

En el siguiente gráfico se muestra “el número mensual de los días de sol, en parte nublados, nublados y con precipitaciones. Los días con menos de 20% de cubierta de nubes se consideran soleados, con 20-80% de cubierta de nubes como parcialmente nublados y más del 80% de cubierta de nubes como nublados” (Meteoblue)

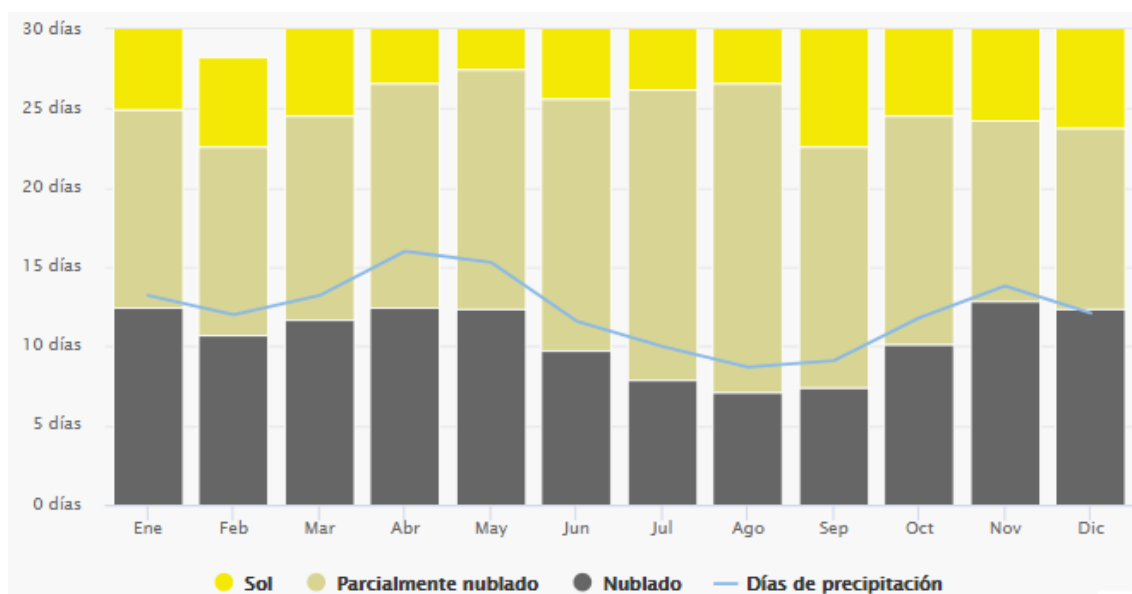
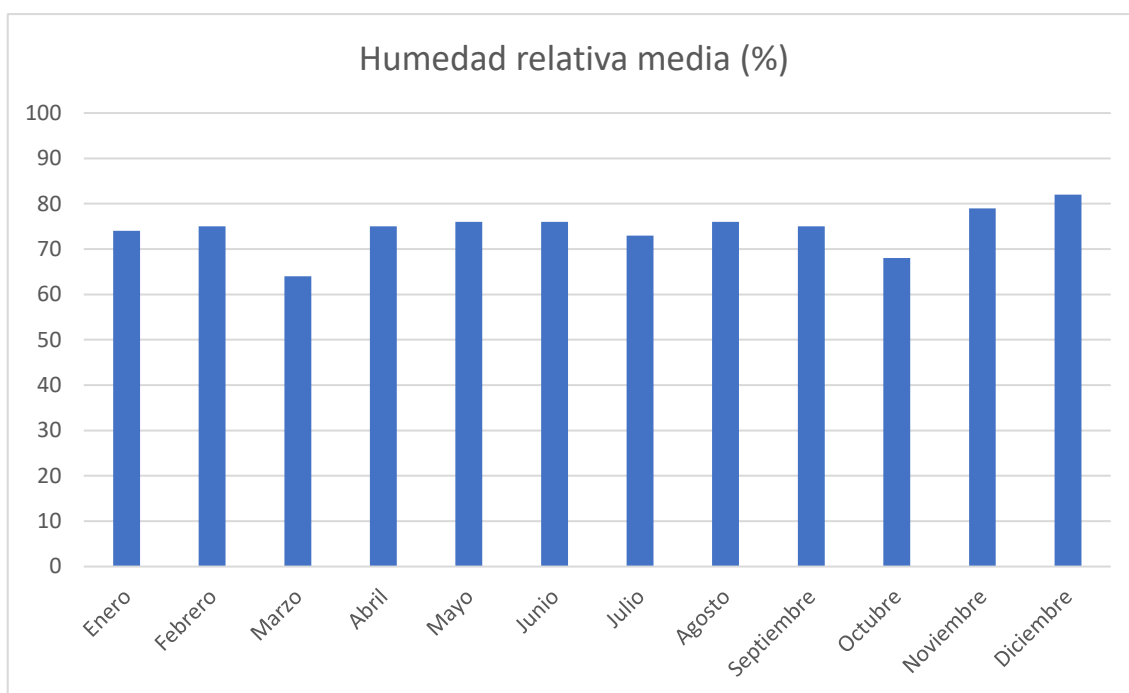


Ilustración 10: Cielo nublado y despejado (Meteoblue)

Además, del proyecto de Lorena Arriba Rodríguez se obtiene que, de media anual Cantabria ronda los 70 días despejados al año. Si se considera en horas de insolación, hay una media anual de 1639 horas de las 8760 que tiene el año.

RÉGIMEN DE HUMEDAD

El régimen de humedad utiliza como dato de estudio la humedad atmosférica, que es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire. Este dato es muy variable ya que depende de otros factores físicos como la precipitación, la nubosidad y, sobre todo, la temperatura. El siguiente gráfico ha sido creado utilizando los datos del proyecto de Lorena Arriba Rodríguez (Rodríguez, 2012).



De este gráfico se puede obtener que la humedad relativa media anual es de aproximadamente 74,5%, un valor bastante elevado, propio de los climas atlánticos.

TEMPERATURA DEL AGUA

La temperatura del agua es un factor decisivo a lo largo de la evolución de un derrame de hidrocarburos debido a que influye en los procesos de propagación, evaporación y disolución de los productos derramados.

Como se puede apreciar en la gráfico siguiente -obtenido de la web de “Weather Spark”- la temperatura del agua más cálida se sitúa en los meses de verano, desde el 9 de julio al 26 de septiembre, con una temperatura promedio superior a los 19°C. La época del año en la que la temperatura del agua es menor se sitúa entre el 11 de diciembre y el 7 de mayo, en esta época la temperatura promedio es inferior a los 14°C

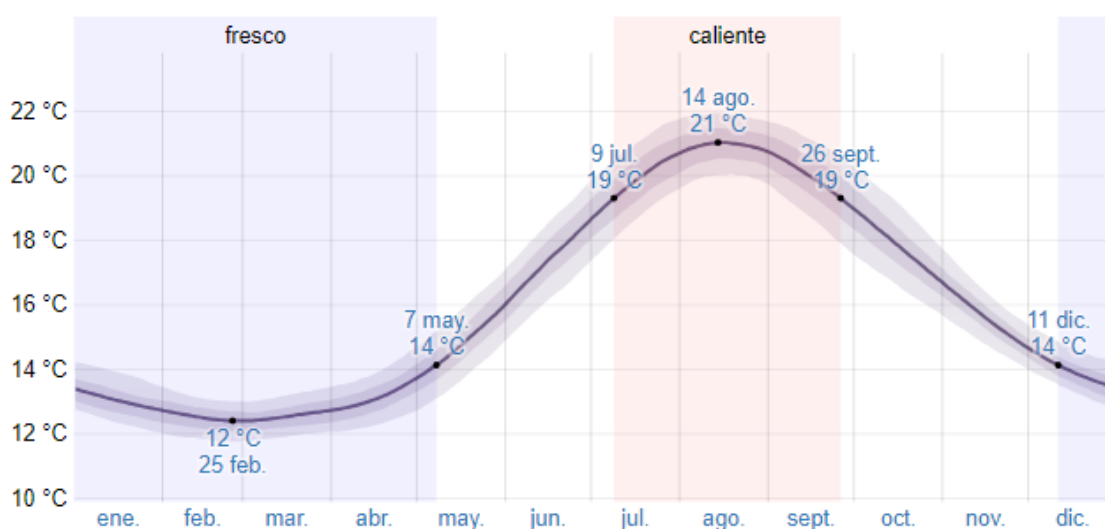


Ilustración 11: Temperatura promedio del agua (Cedar Lake Ventures)

RÉGIMEN DE CORRIENTES

Haciendo uso de los resultados obtenidos en el proyecto de Lorena Arriba (Rodríguez, 2012) se han podido identificar los valores de las corrientes que influyen en el interior del estuario de San Vicente de la Barquera. Estas corrientes son las conocidas como corrientes de marea y son producidas por el ascenso y descenso del nivel del mar por acción de la marea. En condiciones de marea ascendente, se produce una propagación aguas arriba de la masa de agua y en condiciones de marea descendente, la propagación de la masa de agua se une al caudal fluvial de los arroyos que desembocan en la ría. En las siguientes figuras se muestra la velocidad de las corrientes de marea en los instantes de máxima vaciante y máxima llenante.

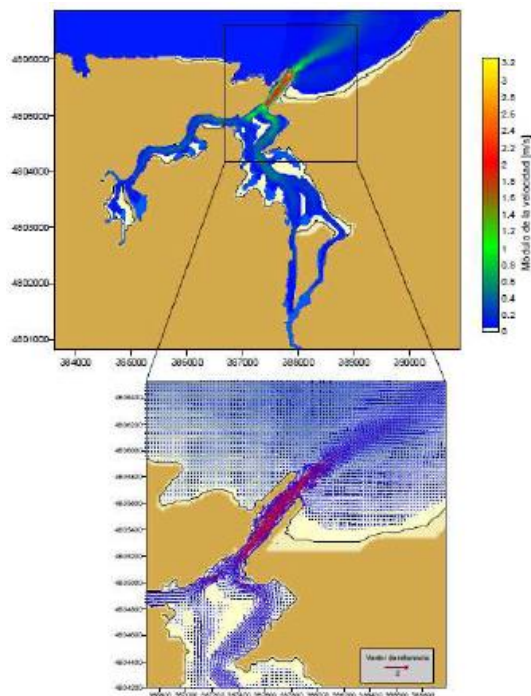


Ilustración 13: Velocidades durante la máxima vaciante (Rodríguez, 2012)

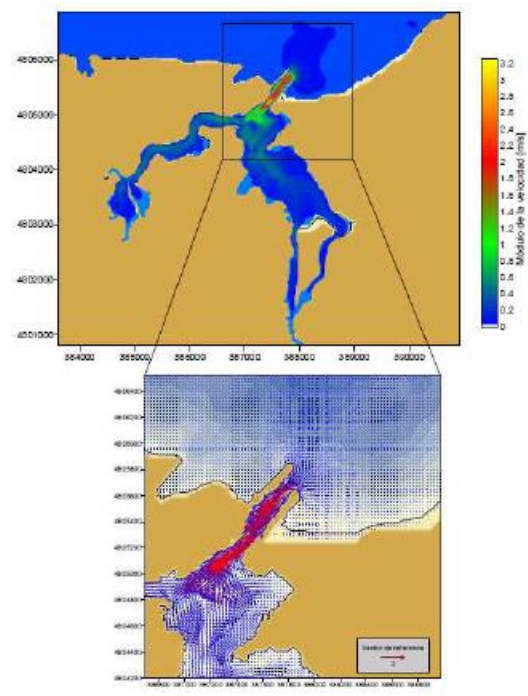


Ilustración 12: Velocidades durante la máxima llenante (Rodríguez, 2012)

Tal y como se puede apreciar, en la desembocadura de la ría la velocidad de la corriente de marea vaciante alcanza valores ligeramente superiores a las 2 m/s. Mientras que la velocidad de la corriente durante la marea llenante llega hasta los 2,5 m/s. “Sin embargo, el efecto de la aceleración del flujo se aprecia solamente a lo largo del canal de entrada, mientras que las velocidades en el exterior de la desembocadura y en el interior del estuario son menores.” (Rodríguez, 2012)

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LA ZONA

Una vez que se conoce la localización del Puerto, es necesario realizar una recopilación de, por lo menos, los ecosistemas más sensibles. Entre estos ecosistemas, se encuentran los parques naturales, los espacios protegidos, etc. Además, se ha de tener en cuenta la existencia de ciertos recursos cuya importancia hace que sea casi prioritario su protección frente a la contaminación, como los recursos hidrológicos o los pesqueros. Para poder protegerlos, lo primero que hay que hacer es tenerlos localizados. El objetivo de estas acciones consiste en crear una lista de prioridades de protección, lo cual se consigue al identificar las áreas que puedan verse más afectadas por un suceso de contaminación por hidrocarburos.

ÁREAS NATURALES DE ESPECIAL VALOR ECOLÓGICO

“Los espacios protegidos son aquellas áreas terrestres o marinas que, en reconocimiento a sus valores naturales sobresalientes, están específicamente dedicadas a la conservación de la naturaleza y sujetas, por lo tanto, a un régimen jurídico especial para su protección.” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente). Las zonas que tienen estas características y se encuentran en las cercanías del municipio de San Vicente de la Barquera son las siguientes:

Parque Natural de Oyambre:

Se encuentra en la parte occidental de Cantabria, incluyendo los municipios de Val de San Vicente, San Vicente de la Barquera, Comillas, Udías y Valdáliga, contando con una superficie de 5.782 hectáreas. La Ley de Cantabria 4/1988, de 26 de octubre, declaró a Oyambre como Parque Natural, aunque luego fue modificada por la Ley de Cantabria 4/2006, de 19 de marzo, de Conservación de la Naturaleza de Cantabria. Estos datos se han obtenido de la (Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad).

A continuación, se puede observar el mapa que muestra la extensión del Parque Natural de Oyambre.

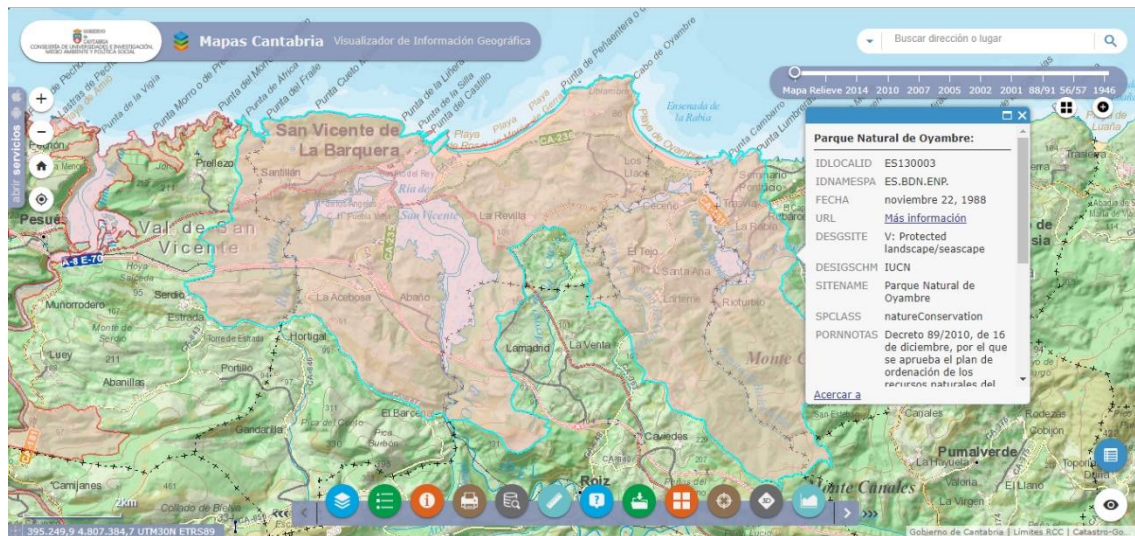


Ilustración 14: Parque Natural de Oyambre (Sistema de Cartografía Nacional, 2018)

Lugar de Interés Comunitario (lic) Rías occidentales y Duna de Oyambre:

“El Lugar cubre el tramo costero más occidental de Cantabria, caracterizado por la alternancia de estuarios (rías de Tina Mayor, Tina Menor, Gandarillas, San Vicente, Capitán y la Rabia), acantilados altos junto a ensenadas o “calas” en las que existe un gran número de pequeñas playas.” (Centro de Estudios Territoriales Y Medio Ambientales) Además, se solapa en parte con el Parque Natural de Oyambre. Tiene una superficie de 1.272,62 hectáreas que cubre parte de los municipios de San Vicente de la Barquera, Val de San Vicente, Valdáliga y Comillas. “Este espacio fue creado por la Ley de Cantabria 4/2006 (Presidente de la Comunidad Autónoma de Cantabria, 2013), de 19 de mayo, de Conservación de la Naturaleza.” (Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad)

A continuación, se observa la extensión de la zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 pertenecientes a las rías occidentales y a la duna de Oyambre, también consideradas como Lugar de Interés Comunitario.



Ilustración 15: Rías occidentales y duna de Oyambre (Sistema de Cartografía Nacional, 2018)

RECURSOS HIDROLÓGICOS

Las aguas de la Comunidad de Cantabria están gestionadas por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, que junto con la del Miño-Sil forman la antigua Confederación hidrográfica del Norte. La parte que resulta interesante para el presente trabajo es la cuenca hidrográfica de la costa oeste, mostrada en la imagen inferior, que tiene una superficie aproximada de 500 km².

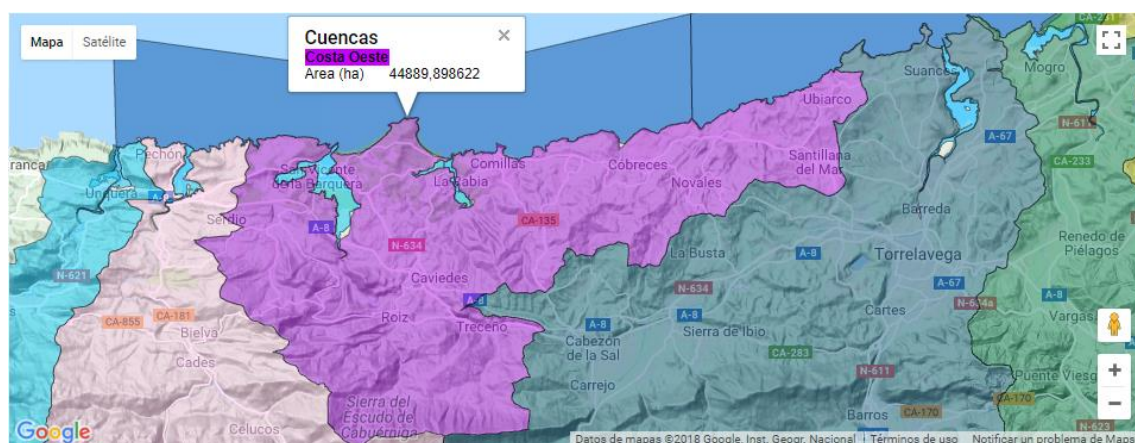


Ilustración 16: Mapa de la Cuenca de la Costa Oeste (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, 2012)

Dentro de esta cuenca hidrográfica, se han de destacar los recursos hidrológicos pertenecientes al ámbito del presente trabajo, es decir, las cercanías del municipio de San Vicente de la Barquera. Entre los ríos que constituyen esta cuenca cabe destacar el río Escudo, cuya superficie de aportación es de unos 72 km².

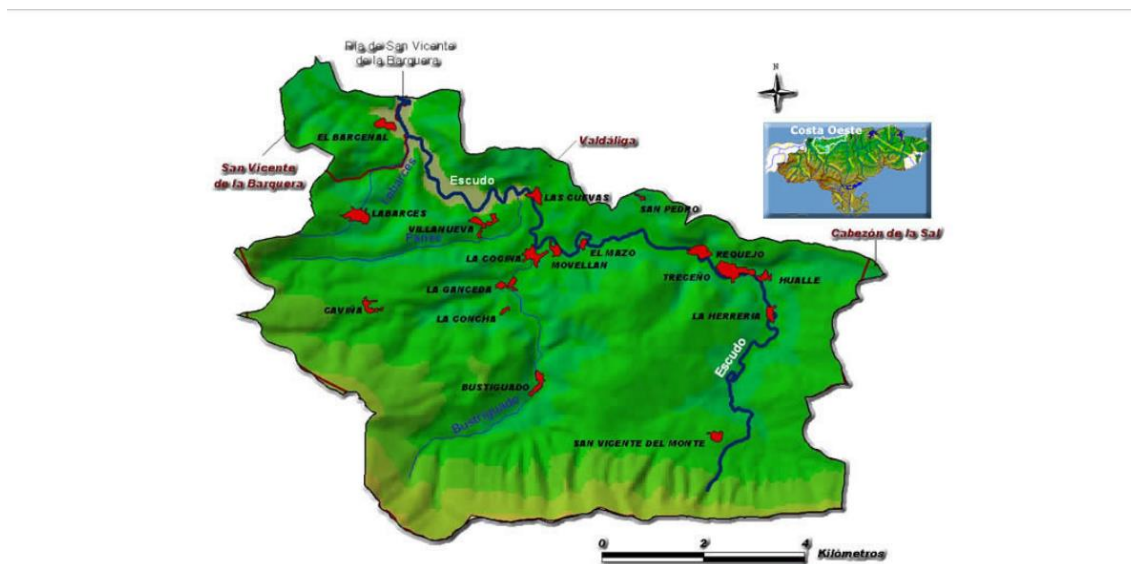


Ilustración 17: Mapa físico de la cuenca del río Escudo (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, 2012)

La cuenca del río Escudo se encuentra delimitada por los accidentes geográficos que la rodean. Estos son:

- Límite oriental: cuenca vertiente del río Saja.
- Límite occidental: cuenca vertiente del río Nansa.
- Límite Sur: Sierra del Escudo de Cabuérniga.
- Límite Norte: Estuario de San Vicente de la Barquera y con la cuenca vertiente de la Ría de la Rabia.

“El río Escudo, nace en la Sierra del Escudo de Cabuérniga, a una altitud de unos 610 m. Su longitud total, hasta su desembocadura en la Marisma de Rubín, en el estuario de San Vicente de la Barquera, es de unos 21 km. Tras su nacimiento, y durante una pequeña parte de su recorrido, el río Escudo presenta una dirección SW-NE. En esta zona de la cabecera de la cuenca recibe la incorporación, por su margen derecha, del arroyo de San Vicente que, a su vez, canaliza las aguas de diversos arroyos procedentes de la Sierra del Escudo de Cabuérniga. Tras esta incorporación, la dirección del río Escudo

pasa a ser prácticamente S-N, hasta la localidad de Treceño, donde dicha dirección cambia, pasando a ser E-W. Tras la incorporación del arroyo de Bustriguado, que recoge las aportaciones de numerosos arroyos que nacen en la Sierra del Escudo de Cabuérniga, el curso del río vuelve a experimentar un cambio de dirección, siendo la nueva orientación SE-NW. En esta zona, el río Escudo recibe la incorporación por su margen izquierda de los arroyos Panes y Pindal. Poco después de la confluencia con este último afluente, el río Escudo toma dirección S-N, para desembocar en el estuario de San Vicente de la Barquera.” (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria, 2012).

La ría de San Vicente de la Barquera ocupa una superficie aproximada de 4,3 km², dividida en varias partes. La marea tiene una influencia muy importante, lo que hace que se seque en marea baja, salvo la zona del canal principal. Este “llega a través de la Marisma de Rubín a La Ría de San Andrés, nombre que recibe esta parte del estuario hasta el Puente de La Maza, lugar donde comienzan las casas de San Vicente de La Barquera. A partir de este puente, [...], la Ría pasa a llamarse propiamente de San Vicente hasta su desembocadura en el Mar Cantábrico. En su margen derecha se encuentra la Playa del Tostadero y del Puntal, mientras que el otro margen se encuentra el puerto para pequeñas embarcaciones.” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018)

El último elemento que queda por describir de la ría es la rama conocida como Brazo Mayor, la cual recibe por el oeste al río Gandarilla y se une con el cuerpo principal de la ría en las cercanías del Puente Nuevo.

RECURSOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS

La pesca es una de las actividades, relacionadas con el sector primario, más importante en zonas pesqueras como la del Cantábrico.

Las zonas de pesca mundiales están clasificadas de acuerdo con la siguiente imagen, obtenida de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization).

o instalaciones realizan actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura en la zona de San Vicente de la Barquera, de acuerdo con la empresa “Informa D&B S.A.U.” y la Secretaría General de Pesca:

- Empresa Tomalser S.L.: Es una empresa dedicada a la acuicultura. En concreto a la “recolección de algas de arribazón, prestación de servicios agrícolas y ganaderos y al movimiento y consolidación de terrenos.” (INFORMA D&B S.A.U., 2017)
- Empresa Hermanos Balbin Roiz S.L.: Es una empresa dedicada a la pesca marina, en concreto a la “industria extractiva de la pesca y su comercialización.” (INFORMA D&B S.A.U., 2017)
- Empresa Pesqueros Peñil Gonzalez S.L.: Es una empresa dedicada a la pesca marina de bajura.
- Empresa Armadores Lecue S.L.: Es una empresa dedicada a la pesca marina. En concreto a la obtención y explotación económica de los recursos pesqueros”. (INFORMA D&B S.A.U., 2017)
- Empresa Ostranor S.L.: Es una empresa dedicada a la acuicultura, en especial al cultivo y venta de ostras, así como a la venta de marisco vivo para el consumo nacional y la exportación. La granja de ostras japonesas se encuentra en la ría de San Vicente de la Barquera, dentro del Parque Natural de Oyambre, cerca de la desembocadura del río Escudo.
- Empresa Naturix Cantabria S.L.: Es una empresa dedicada a la acuicultura. “La actividad principal de las diferentes divisiones de NATURIX, es el cultivo sostenible y comercialización de especies piscícolas tanto continentales como marinas de origen ecológico” (Naturix Acuiculture S.L., 2006). La empresa se encuentra en el municipio de Val de San Vicente, donde ha remodelado las antiguas instalaciones de Tinamenor S.L., para poder criar especies de lubina, dorada, rodaballo y almeja japonesa.

Según la CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas) las empresas arriba mencionadas se encuentran dentro del grupo A. En este grupo se incluyen las actividades relacionadas con la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca. La parte que resulta de relevancia para este apartado del trabajo es la pesca, la cual tiene

un código CNAE 03, que incluye las actividades de pesca y acuicultura, con los códigos CNAE 031 y 032, respectivamente. Para terminar de concretar qué tipo de actividad se realiza, los códigos CNAE 0311 y 0312 pertenecen a la pesca marina y a la pesca en agua dulce respectivamente, y los códigos CNAE 0321 y 0322 pertenecen a la acuicultura marina y a la acuicultura en agua dulce.

RECURSOS TURÍSTICOS

La principal actividad económica de San Vicente de la Barquera recae en el sector terciario (52,7%) lo cual está un poco por debajo de la media de la Comunidad Autónoma (61,6%). Esto muestra la importancia del turismo para este municipio, que es lugar de paso obligado entre las comunidades de Asturias y Cantabria. Una de las razones por las que el turismo goza de semejante importancia es debido a su ubicación.

En el caso de que se produjese un suceso de contaminación de relevancia por derrame de hidrocarburos en el puerto deportivo, los recursos turísticos que se verían afectados de manera más directa serían las playas que se encuentran en el interior de la ría, como es la playa del Tostadero o la playa de la Maza. La playa del Merón, ligeramente resguardada por un espigón, también se encontraría en alto riesgo de contaminación. Estas playas gozan de un gran atractivo turístico, no solo por sus arenas blancas y su conexión con el Parque Natural de Oyambre, sino por las posibilidades que ofrecen en cuanto a la práctica de surf.

ANÁLISIS DE RIESGOS

Según el apartado 2, del artículo 2 del RD 253/2004, “como complemento se confeccionará un estudio sobre la influencia de las condiciones meteorológicas y oceanográficas de la zona en la evolución de posibles vertidos de hidrocarburos, con el doble objetivo, por un lado, de determinar los riesgos de accidentes o incidentes en las maniobras de los buques y en las operaciones de carga y descarga de hidrocarburos, y por otro, de analizar la evolución y consecuencias de posibles derrames bajo distintas condiciones ambientales o de operación.” En el apartado anterior se ha realizado la parte del estudio sobre las condiciones meteorológicas y oceanográficas. Sin embargo, queda pendiente la realización del estudio del efecto de los posibles vertidos y el análisis de su evolución. Además, es importante mencionar que el apartado b, del artículo 5 del RD 1695/2012, también incide sobre estas acciones. “Se hará una evaluación de los posibles riesgos de contaminación en función de las condiciones meteorológicas, oceanográficas y ambientales, así como de las características y condiciones de operación de las instalaciones, identificando, en su caso, las áreas más vulnerables a proteger, mediante los correspondientes mapas de sensibilidad de la zona incluida en su ámbito de aplicación.” Esto es lo mismo que expresa el artículo 2 del RD 253/2004. Para completar los análisis de la zona, el apartado b del artículo 5 también dice que “en los análisis de riesgos se tendrá en consideración en todo caso la posible peligrosidad para las personas de los distintos supuestos y tipos de contaminación marina susceptibles de afectar al área de la costa de que se trate.” Con esta parte final del apartado b, queda pendiente saber qué es la peligrosidad para las personas y lo que ello conlleva.

La evaluación del riesgo ambiental se desarrolla en dos fases, la identificación de los posibles peligros y la estimación del riesgo que trae consigo. A través de la identificación de los peligros se reconoce su existencia y se describen sus características, mientras que con la estimación del riesgo se ha de describir la naturaleza de los peligros y su magnitud. Para ello se ha de determinar la probabilidad de que esos peligros lleguen a ocurrir, la vulnerabilidad del medio a esos peligros y las consecuencias que pueden llegar a ocurrir si el peligro llega a materializarse.

Con este método se pretende reunir la información necesaria para planificar una respuesta rápida y eficaz ante un suceso de contaminación marina accidental que considere los riesgos más probables de acuerdo con las actividades que se realicen en el puerto.

El análisis de riesgos se realiza utilizando la metodología expuesta en la herramienta ROM 5.1 (Recomendación de Obras Marítimas), la cual ha sido actualizada por última vez en el año 2013 (ROM 5.1-13). Esta herramienta está pensada para valorar el riesgo ambiental de emisiones de una gran cantidad de sustancias, por lo tanto, es posible adaptarla para utilizarla como herramienta en el estudio de vertidos de hidrocarburos, por lo que se seguirá la metodología, pero aplicándola al caso que se está tratando. Esta herramienta, obtenida del Instituto de Hidráulica de la Universidad de Cantabria está basada en la Norma UNE 150008 que trata el análisis y la evaluación del riesgo ambiental (AENOR, 2008), por lo que se considera que es válida la metodología propuesta en la ROM 5.1-13. Consiste en una herramienta metodológica y técnica para la gestión integral de las aguas portuarias. A continuación, se expone el método de evaluación y gestión del riesgo ambiental recogido por la ROM 5.1-13:

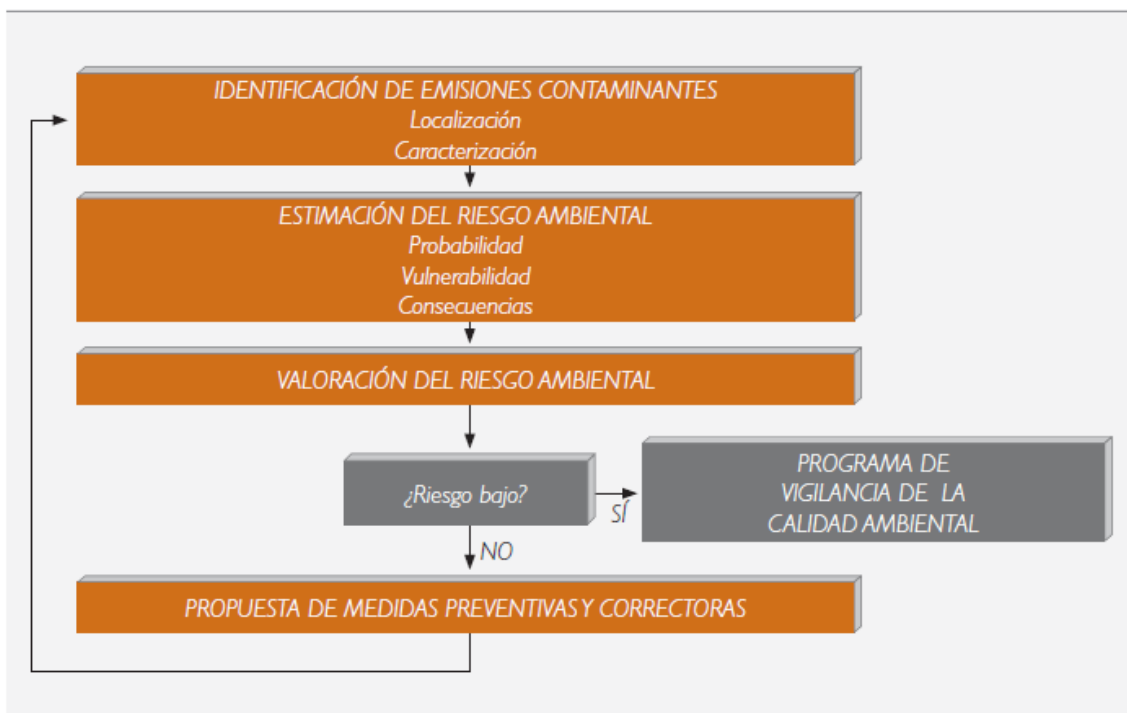


Ilustración 20: Esquema del método de evaluación y gestión del riesgo ambiental (Puertos del Estado, 2013)

Identificación de los vertidos contaminantes

En esta primera fase se han de localizar los vertidos contaminantes y caracterizarlos. Estos vertidos pueden haber sido producidos por actividades ordinarias o por accidentes. Dependiendo de la forma en que el vertido se introduzca en el medio acuático, se clasifica como emisión puntual o difusa. Una emisión puntual se encuentra canalizada por puntos fijos y predefinidos como escorrentías canalizadas, alivios de tormenta... Mientras que una emisión difusa no se encuentra canalizada, como son las filtraciones, los dragados, etc. En este caso, cualquier vertido va a ser difuso dado que en el caso de derrames de hidrocarburos no van a estar canalizados.

En el caso de las emisiones puntuales, si se encuentran autorizadas, se debe disponer de toda la información correspondiente en las autorizaciones de vertido. Se ha de incluir la localización exacta del punto en el que se realiza el vertido o dónde se depositan los productos residuales. En el caso de las emisiones difusas, solamente se ha de localizar el área en el que se vaya a producir el vertido. Para el caso de los derrames de hidrocarburos, la localización se encuentra en las cercanías de los puntos abastecimiento de combustible para las embarcaciones.

En el interior del puerto deportivo “puede existir un amplio espectro de tipos de emisiones en función de las actividades que las generan. Para la localización de emisiones contaminantes que potencialmente puedan afectar a los sistemas acuáticos portuarios se utilizará la clasificación de actividades [...] que permitirá a cada puerto identificar las actividades, infraestructuras, equipamientos y usos que pueden producir una emisión contaminante” (Puertos del Estado, 2013). Las principales actividades portuarias que pueden generar un vertido son:

- Operaciones de carga, descarga y almacenamiento de graneles sólidos.
- Operaciones de carga, descarga y almacenamiento de graneles líquidos.
- Suministro de combustible y avituallamiento.
- Recepción, transporte y gestión de residuos MARPOL.
- Limpieza y mantenimiento de maquinaria e instalaciones.

Tras haber localizado el derrame y saber qué actividad ha sido la que lo ha ocasionado, es necesario caracterizarlo. Con esto se pretende saber qué sustancia/s contaminante/s

se han vertido, cuánto se ha vertido y en qué rango de concentración se ha producido. Con esta información se puede empezar a estimar el riesgo ambiental del derrame contaminante, el cual necesita la siguiente información para ser de utilidad:

- Frecuencia del vertido.
- Sustancias o materiales manejados por la actividad generadora del vertido.
- Concentración de la sustancia contaminante.
- Caudal medio del vertido.
- Percepción de la sociedad ante los riesgos del vertido.
- Existencia de sistemas de detección, control, alarma y defensa ante el derrame para hacer frente al mismo.

Debido a que no existen registros históricos de los vertidos de hidrocarburos que se han producido en el Puerto de San Vicente de la Barquera, los posibles vertidos contaminantes corresponden a pequeños derrames de Gasóleo A y de Diésel Marino ya que son los hidrocarburos utilizados en el puerto. Las características de los combustibles utilizados son:

- Gasóleo A:

Tabla 4: Especificaciones del Gasóleo A (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2006)

Características	Unidad de medida	Límites	
		Mínimos	Máximos
Número de cetano		51	-
Índice de Cetano		46	-
Densidad a 15°C	Kg/m ³	820	845
Contenido en Azufre	Mg/kg	-	10
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	2,00	4,50
Punto de inflamación	°C	Superior a 55	-
Punto de obstrucción filtro frío	°C		
Invierno		-	-10
Verano		-	0
Residuo carbonoso (sobre 10% residuo de destilación)	%m/m	-	0,30
Contenido en agua	mg/kg	-	200
Contaminación total (partículas sólidas)	mg/kg	-	24
Contenido en cenizas	% m/m	-	0,01
Corrosión lámina de cobre (3h. a 50°C)	escala	-	Clase 1
Estabilidad a la oxidación	g/m ³	-	25

- Diésel Marino:

Tabla 5: Especificaciones del Diésel marino (Repsol, 2012)

Características	Unidad de medida	Límites	
		Mínimos	Máximos
Índice de Cetano		40	-
Densidad a 15°C	Kg/m ³	-	890
Contenido en Azufre	mg/kg	-	1000
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	2,00	6,00
Punto de inflamación	°C	60	-
Punto de obstrucción filtro frío	°C	-	-6
Residuo carbonoso (sobre 10% residuo de destilación)	% p/p	-	0,35
Contenido en agua	mg/kg	-	200
Contaminación total (partículas sólidas)	% v/v	-	0,1
Contenido en cenizas	% p/p	-	0,01
Corrosión lámina de cobre (3h. a 50°C)	escala	-	Clase 2
Estabilidad a la oxidación	g/m ³	-	25

ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

Una vez que se ha realizado la identificación de los puntos de vertido que se pueden producir en la zona del puerto, se ha de realizar la estimación del riesgo que presenta cada uno de ellos. Para ello se consideran distintos escenarios.

- Escenario E1: Se encuentran las situaciones de operación normal, que pueden producir una pequeña cantidad de contaminación, o pequeños vertidos.
- Escenario E2: Se encuentran las situaciones de operación en las que se presentan algunos problemas o vertidos de cierta magnitud que no requieran la activación del Plan Interior de Contingencias.
- Escenario E3: Se encuentran las situaciones de operación en condiciones muy desfavorables o vertidos de magnitud para los que es necesario la activación del Plan Interior de Contingencias.

La expresión siguiente representa el origen de la metodología para realizar la estimación del riesgo ambiental de cada derrame, y permite estimar el riesgo de cada vertido contaminante identificada para cada escenario definido.

$$R_{ij} = P_{ij} \cdot V_{ij} \cdot C_{ij}$$

Ecuación 1

R_{ij} : Es el valor del riesgo del derrame “i” para el escenario “j”.

P_{ij} : Es el factor de probabilidad del derrame “i” en el escenario “j”.

V_{ij} : Es el factor de vulnerabilidad de las aguas del puerto frente al derrame “i” en el escenario “j”.

C_{ij} : Es el factor de consecuencias del derrame “i” en el escenario “j”.

En esta estimación del riesgo ambiental se van a considerar los escenarios 1 y 2 conjuntamente y el escenario 3 no se va a considerar debido a que es altamente improbable que se den condiciones muy desfavorables o grandes derrames en el interior del Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera.

- a. El “factor de probabilidad” (P_{ij}) considera la probabilidad de que ocurra un derrame valiéndose de la frecuencia con la que aparece un episodio de contaminación. Utiliza una escala del 1 al 4, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 6: Valoración del factor de probabilidad (Puertos del Estado, 2013)

P_{ij}	Tiempo transcurrido entre dos emisiones contaminantes
4	Menos de 1 mes
3	Entre 1 mes y 1 año
2	Entre 1 año y 7 años
1	Más de 7 años

Dado que no existe un registro histórico de los derrames de hidrocarburos producidos en el Puerto y que los derrames que se pueden llegar a producir son debidos a errores en las operaciones de suministro de combustible a embarcaciones, se estima que **el factor de probabilidad tiene un valor de 2.**

- b. El “factor de vulnerabilidad” (V_{ij}) de las UGAP (Unidades de Gestión Acuática Portuaria) afectadas por el derrame se estima en función de:
- Susceptibilidad de las UGAP.
 - Existencia de sistemas de detección, control, alarma y defensa frente a un vertido.
 - Eficiencia de los procedimientos operativos establecidos.

Mediante la valoración de estos factores se obtiene la expresión para realizar la estimación del “factor de vulnerabilidad”:

$$V_{ij} = \frac{1}{10} \cdot (5 \cdot Fs_{ij} + 3 \cdot Fa_{ij} + 2 \cdot Fe_{ij}) \quad \text{Ecuación 2}$$

Fs_{ij}: Es la susceptibilidad de las UGAP frente al derrame “i” para el escenario “j”.

Fa_{ij}: Es la accesibilidad del derrame “i” para el escenario “j”.

Fe_{ij}: Es la eficiencia de los procedimientos operativos de la actividad que ha generado el derrame “i” para el escenario “j”.

- SUSCEPTIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN ACUÁTICA PORTUARIA (UGAP) (Fs_{ij}):

La susceptibilidad (Fs_{ij}) valora cuánto puede afectar potencialmente un derrame sobre las UGAP dependiendo de la categoría de conservación de estas. Para ello, se considera que las UGAP han sido afectadas por un vertido contaminante cuando la extensión del derrame es de, al menos, un 10% de la superficie de las UGAP.

La valoración de la susceptibilidad de las UGAP se realiza utilizando una escala del 1 al 4 en función del tipo de UGAP afectadas:

Tabla 7: Valoración de la susceptibilidad de las Unidades de Gestión Acuática Portuaria (Puertos del Estado, 2013)

Fs _{ij}	Tipo de Unidad de Gestión afectada
4	Zonas protegidas en el contexto de la Directiva Marco del Agua (DMA)
3	UGAP naturales
2	UGAP muy modificadas
1	Cualquier tipo de UGAP alcanzada por la emisión contaminante, pero sin llegar a superar el 10% de su extensión

Se considera que el entorno del Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera es una Unidad de Gestión Acuática Portuaria natural debido a las pocas modificaciones que se han realizado en su entorno. **Por lo tanto, el valor de la susceptibilidad es 3.**

- ACCESIBILIDAD DEL VERTIDO (Fa_{ij})

La accesibilidad del vertido (Fa_{ij}) a las UGAP valora cuantitativamente la existencia o la creación de sistemas de control, detección, defensa y alarma de la actividad que ha generado el derrame. Gracias a estos sistemas la propagación del vertido es más difícil.

Por lo tanto, a mayor cantidad de sistemas de detección, control, defensa y alarma menos accesibilidad presenta el derrame.

La valoración de la accesibilidad del vertido contaminante se realiza utilizando una escala de 1 a 4, dependiendo de qué sistemas de los mencionados se encuentran operativos.

Tabla 8: Valoración de la accesibilidad del vertido contaminante. (Puertos del Estado, 2013)

Fa _{ij}	Nivel de los sistemas de detección, control, defensa y alarma
4	Inexistencia de sistemas de detección, control, defensa y alarma en la actividad generadora de la emisión contaminante, o existencia de estos no operativos de forma permanente.
3	Existencia de sistemas de defensa permanentemente operativos en la actividad generadora de la emisión contaminante, pero no de sistemas de control, alarma y detección.
2	Existencia de sistemas de defensa y control permanentemente operativos en la actividad generadora de la emisión contaminante. Ausencia de sistemas de alarma y detección.
1	Existencia de sistemas de detección, defensa, control y alarma permanentemente operativos en la actividad generadora de la emisión contaminante.

Al existir solamente sistemas de defensa y control permanentemente operativos en el Puerto con ausencia de sistemas de alarma y detección, más allá de la observación visual del derrame producido, se estima que **el valor de la accesibilidad del derrame es 2**.

- EFICIENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS (Fe_{ij})

La eficiencia de los procedimientos operativos (Fe_{ij}) valora cuantitativamente la posibilidad de que las medidas tomadas para luchar contra el derrame (tanto preventivas como correctoras) consigan su finalidad. Estos procedimientos operativos informan del quién, cómo, dónde, para qué y con qué debe realizarse la actuación contra el derrame.

La valoración de la eficiencia de los procedimientos operativos se realiza utilizando una escala de 1 a 4, dependiendo del nivel de los procedimientos operativos existentes.

Tabla 9: Valoración de la eficiencia de los procedimientos operativos. (Puertos del Estado, 2013)

Fe _{ij}	Nivel de los procedimientos operativos establecidos.
4	No se dispone de procedimientos operativos para hacer frente a la causa o para reducir los efectos de una emisión contaminante.
3	Se dispone de procedimientos operativos genéricos que, aun no estando establecidos específicamente para reducir la causa o los efectos de una emisión contaminante, proporcionan alguna cobertura al respecto.

2	Se dispone de procedimientos operativos específicos para hacer frente a la causa o reducir los efectos de una emisión contaminante, pero sin realizarse periódicamente simulacros y otras actividades asociadas con el estado de mantenimiento y la formación de los correspondientes equipos humanos y materiales.
1	Se dispone de procedimientos operativos específicos para hacer frente a la causa o para reducir los efectos de una emisión contaminante, realizándose además periódicamente simulacros de otras actividades asociadas con el estado de mantenimiento y la formación de los correspondientes equipos humanos y materiales.

La creación de un Plan Interior de Contingencias requiere, legalmente, que se elaboren procedimientos específicos que puedan hacer frente a la causa de un vertido de hidrocarburos o, por lo menos, reducir sus efectos. Además, se han de estipular las actividades a realizar para asegurar un correcto mantenimiento de los equipos y formación de los medios humanos. Dado que en el presente proyecto los procedimientos específicos han sido especialmente ideados para este caso, se considera que el **valor de eficiencia de los procedimientos operativos es un 1**.

Finalmente, una vez conocidos los valores de susceptibilidad ante los derrames, la accesibilidad de estos y la eficiencia de los procedimientos operativos, se puede obtener el valor del factor de vulnerabilidad:

$$V_{ij} = \frac{1}{10} (5 \cdot 3 + 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1) = 2,3$$

Ecuación 3

- c. El “factor de consecuencias” (C_{ij}) se basa en tres términos. Estos términos, dependiendo de la repercusión social que produzcan los efectos del derrame, se han de multiplicar por un término que aumente el valor del factor de consecuencias.

La estimación del factor de consecuencias se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$C_{ij} = \frac{1}{10} \cdot (5 \cdot Fp_{ij} + 2,5 \cdot Fg_{ij} + 2,5 \cdot Fr_{ij}) \cdot Fc_{ij}$$

Ecuación 4

Fp_{ij} : Es la peligrosidad del derrame “i” para el escenario “j”.

Fg_{ij} : Es el grado de extensión del derrame “i” para el escenario “j”.

Fr_{ij} : Es la recuperación de la UGAP de los efectos del derrame “i” para el escenario “j”.

Fc_{ij} : Es la repercusión social del derrame “i” para el escenario “j”

- PELIGROSIDAD DEL DERRAME ($F_{p_{ij}}$)

La peligrosidad del derrame ($F_{p_{ij}}$) se entiende como el daño potencial que puede afectar a la calidad ambiental, a la salud humana o a los usos establecidos. Su valoración se realiza en función de las sustancias vertidas. El valor de la peligrosidad varía en una escala del 1 al 4, dependiendo de las siguientes sustancias vertidas. Si el vertido contiene distintas sustancias, se adopta el factor de peligrosidad de la sustancia más contaminante.

Tabla 10: Valoración de la peligrosidad del vertido contaminante. (Puertos del Estado, 2013)

$F_{p_{ij}}$	Grupo de sustancias o materiales incluidos en la emisión contaminante.
4	Sustancias peligrosas y sustancias preferentes (RD 60/2011).
3	Sustancias y contaminantes (RD 508/2007). Mercancías peligrosas (RD 145/1989).
2	Contaminantes bacteriológicos (RD 1341/2007). Mercancías potencialmente peligrosas (RD 145/1989).
1	Otras sustancias o materiales.

En la ROM 5.1-13 se incluye el factor de peligrosidad de la lista de sustancias contaminantes contenidas en los Reales Decretos 60/2011, 508/2007, 145/1989 y 1341/2007.

Aunque los combustibles que se están considerando en este caso no aparecen en la lista de sustancias contaminantes, se puede estimar que **el valor de su factor de peligrosidad es 4**, debido a que este valor se le asigna a una gran cantidad de hidrocarburos como se refleja en el Real Decreto 60/2011 (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2011)

- GRADO DE EXTENSIÓN DEL DERRAME ($F_{g_{ij}}$)

El grado de extensión del derrame ($F_{g_{ij}}$) valora el porcentaje de superficie de las UGAP afectadas por el vertido. Para saber cuál ha sido la superficie afectada, se necesita utilizar el resultado obtenido de la estimación de la susceptibilidad de las UGAP.

La valoración de este término se realiza en una escala de 1 a 4, dependiendo de la cantidad de superficie afectada por el derrame.

Tabla 11: Valoración del grado de extensión del vertido contaminante. (Puertos del Estado, 2013)

F_{gij}	Porcentaje de Unidad de Gestión afectada
4	Más del 50%.
3	Entre el 30 y el 50%.
2	Entre el 10 y el 30%.
1	Menos del 10%.

Al ser derrames de poca magnitud los que se están considerando (escenarios E1 y E2), se puede estimar que el porcentaje de la Unidad de Gestión afectada no va a superar el 30%, por lo que **el valor del grado de extensión del derrame es 2.**

- RECUPERACIÓN DE LAS UGAP (F_{rij})

La recuperación de la UGAP (F_{rij}) valora cuantitativamente la cantidad de días que han de pasar para que la UGAP recupere la calidad ambiental que tenía antes de producirse el derrame, si esta recuperación es posible.

La recuperación de la UGAP depende de la persistencia en el medio de las sustancias contaminantes, así que, a mayor persistencia de la sustancia en la UGAP, mayor es el tiempo que tarda en recuperarse. La ROM 5.1-13 incluye una lista con la persistencia de varias sustancias.

La valoración de la recuperación se realiza utilizando una escala de 1 a 4, dependiendo del plazo de recuperación de la UGAP frente a un vertido contaminante.

Tabla 12: Valoración de la recuperación de una UGAP ante un vertido contaminante. (Puertos del Estado, 2013)

F_{rij}	Persistencia de las sustancias o materiales
4	Más de 100 días
3	Entre 50 y 100 días.
2	Entre 10 y 50 días.
1	Menos de 10 días

Debido a que los hidrocarburos para los que se está considerando el presente estudio están formados por un elevado porcentaje de compuestos saturados, se consideran hidrocarburos no persistentes, cuya principal forma de meteorización es la evaporación por lo que, por mucho que tarden en eliminarse de forma natural, no van a superar los 50 días de persistencia en el medio. Esto permite darle **un valor de recuperación de 2.**

- REPERCUSIÓN SOCIAL DEL DERRAME (F_{Cij})

La repercusión social (F_{Cij}) de un vertido contaminante simboliza la alarma social que puede llegar a generar.

Tabla 13: Valoración de la repercusión social de un vertido contaminante. (Puertos del Estado, 2013)

F_{Cij}	Nivel de alarma social
1.25	Alto nivel de alarma social.
1.10	Existencia de un nivel significativo de alarma social.
1	No hay indicios de alarma social.

Al encontrarnos en un Puerto muy cercano a zonas de recreo, playas y zonas protegidas, se considera que el nivel de alarma social sería alto, por lo que **el valor de la repercusión social es 1,25.**

Aplicando ahora los valores de la peligrosidad, el grado de extensión, la recuperación de las UGAP y la repercusión social estimados para un posible vertido a la Ecuación 4, fórmula del factor de consecuencias, se obtiene:

$$C_{ij} = \frac{1}{10} \cdot (5 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2) \cdot 1,25 = 3,75 \quad \text{Ecuación 5}$$

Este valor del factor de consecuencias se considera bastante elevado dado que el valor máximo para este factor es 5. Este resultado es lógico si se piensa en la localización en la que se produciría el vertido y todos los recursos a los que llegaría a afectar.

Finalmente, se incluyen los valores del factor de probabilidad de que ocurra un vertido contaminante, del factor de vulnerabilidad de las aguas del puerto y del factor de consecuencias del derrame en la expresión del riesgo ambiental:

$$R_{ij} = 2 \cdot 2,3 \cdot 3,75 = 17,25 \quad \text{Ecuación 6}$$

Una vez que se ha obtenido el resultado estimado del valor del riesgo ambiental de que se produzca un vertido de hidrocarburos para los Escenarios 1 y 2, que son los que se han tenido en cuenta, se ha de proceder a valorar el resultado obtenido.

VALORACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

Una vez que se han realizado todas las estimaciones pertinentes para obtener el valor del riesgo ambiental, se podrán clasificar los vertidos contaminantes en función del valor de este riesgo. De esta manera, cada derrame con su respectivo escenario se puede clasificar como:

- Vertido contaminante de riesgo alto: Estos derrames han obtenido un valor de R_{ij} superior a 20 y “requieren el desarrollo de un estudio sobre la problemática asociada al riesgo y la adopción inmediata de las medidas preventivas y correctoras necesarias” (Puertos del Estado, 2013).
 - Vertido contaminante con riesgo medio: Estos derrames han obtenido un valor de R_{ij} comprendido entre 15 y 20, y requieren el “implementarse inmediatamente medidas preventivas y correctoras de forma total o parcial, o bien ser consideradas en el diseño del Programa de Vigilancia de la Calidad Ambiental.” (Puertos del Estado, 2013)
 - Vertido contaminante con riesgo bajo: Estos derrames han obtenido un valor de R_{ij} inferior a 15 y aunque no es necesario tomar ninguna medida especial, se han de considerar en el diseño del Programa de Vigilancia de la Calidad Ambiental.
- En vista de que el futuro Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera se encuentra dentro de una situación de “vertido contaminante de riesgo medio”, tanto para el escenario E1 como E2, se han de tomar todas las medidas preventivas posibles para evitar que un vertido llegue a ocurrir. Ya que en cuanto a medidas correctoras no se puede tomar ninguna acción al no existir un registro histórico de los vertidos ocurridos.

MATRIZ DE RIESGO AMBIENTAL

Tras realizar la aplicación metodológica sobre cómo realizar el análisis de los riesgos a los que se enfrenta el Nuevo Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera, lo más conveniente es mostrar de la manera más sencilla posible los datos obtenidos. Por esta razón se hace uso de una herramienta llamada “matriz de riesgo ambiental”, con la que se representan los resultados del análisis previo (nombrado como “escenario 1” en la tabla) y de aquellos otros casos que, no habiendo sido desarrollados en el análisis, se consideran de relevancia suficiente. Esta herramienta nos permite mostrar la información relacionada con el análisis y la evaluación de riesgos de una manera clara, en la que cada factor tiene asociado su valor estimado.

En esta matriz se incluye información adicional concerniente a las causas concretas que han generado el derrame. Como se puede observar, en la matriz se han incluido casos ligados con las principales actividades portuarias que pueden generar un vertido contaminante. Al ser un puerto deportivo, las operaciones de carga, descarga y almacenamiento de graneles sólidos y líquidos no se encuentran entre ellas.

El ejemplo de análisis de riesgos realizado representa cómo se habría de obtener el valor de riesgo final para el caso de que se produzca un derrame por un error en el suministro de combustible. Los demás casos, han sido estimados siguiendo el mismo procedimiento para obtener, finalmente, la matriz que se muestra en la página siguiente.

Tal y como se puede apreciar en la tabla, el valor del riesgo de que se produzca un derrame de hidrocarburos debido a una avería o un accidente es mucho menor de que se produzca por un error en el suministro de combustible o por la limpieza y mantenimiento de maquinaria e instalaciones. Esto es debido a que el valor del factor de probabilidad es menor. Es decir, hay muchas menos posibilidades (u ocurre cada mucho más tiempo) de que se produzca un derrame debido a un accidente.

Análisis del riesgo ambiental ante un vertido de hidrocarburos											
Causa del derrame	Sustancia derramada	Factor de probabilidad	Vulnerabilidad de las aguas			Consecuencias				Valor del riesgo	Escenario
			Susceptibilidad de las aguas	Accesibilidad del derrame	Eficiencia de los procedimientos operativos	Peligrosidad	Grado de extensión	Recuperación de las aguas	Repercusión social		
Suministro de combustible	Gasóleo A /Diesel Marino	2	3	2	1	4	2	2	1,25	17,25	1
Accidente/ Avería	Gasóleo A /Diesel Marino	1	3	2	1	4	2	2	1,25	8,625	2
Limpieza y mantenimiento de maquinaria e instalaciones	MARPOL, Anexo I, tipo C: desechos de las sentinas y de la depuración de aceite y combustible	2	3	2	1	4	2	2	1,25	17,25	3

Tabla 14: Matriz de riesgo ambiental ante un vertido de hidrocarburo (Fuente: el autor)

CÁLCULO DE LA TRAYECTORIA DE LOS POSIBLES VERTIDOS DE HIDROCARBURO

Tras realizar el análisis de riesgos en el Puerto, en este apartado del trabajo se pretende explicar el método utilizado para calcular la trayectoria que vayan a seguir los posibles derrames de hidrocarburos hasta llegar a la costa.

Consiste en el método de cálculo vectorial, utilizando los datos de los vientos y de las corrientes predominantes en el estuario de San Vicente de la Barquera, obtenidos en el apartado “Descripción del clima”, en el análisis del régimen de vientos y régimen de corrientes.

Los vientos predominantes provienen del Oeste, del Sur y del Oeste-Noroeste con una velocidad de 12 km/h normalmente, aunque se ha considerado un caso para una velocidad de 18 km/h por considerarse suficientemente relevante.

Las corrientes predominantes son de dirección Noreste cuando el estuario se encuentra en marea vaciante y de dirección Suroeste cuando la marea es llenante. La velocidad de la corriente ronda los 2 m/s, que se aproxima a los 7 km/h.

Los casos contemplados son los siguientes:

- Viento del Oeste de 12 km/h y corriente dirección Noreste de 7 km/h.
- Viento del Oeste de 18 km/h y corriente dirección Suroeste de 7 km/h.
- Viento del Sur de 12 km/h y corriente dirección Noreste de 7 km/h.
- Viento del Sur de 12 km/h y corriente dirección Suroeste de 7 km/h.
- Viento del Oeste-Noroeste de 12 km/h y corriente dirección Noreste de 7 km/h.
- Viento del Oeste-Noroeste de 12 km/h y corriente dirección Suroeste de 7 km/h.

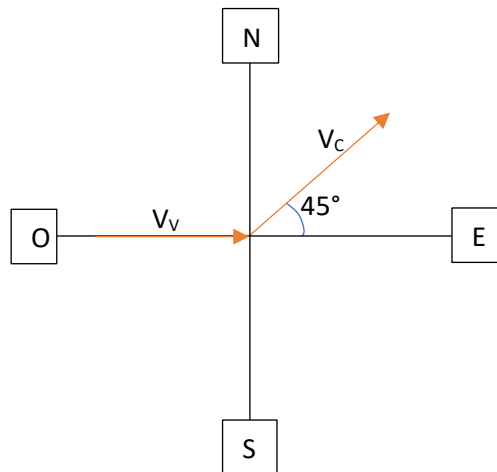
El método de resolución genérico de estos casos consiste, paso por paso, en:

1. Descomponer los vectores del viento y de la corriente en sus componentes horizontales y verticales.
2. Sumar las componentes horizontales del viento y de la corriente, y también, las componentes verticales.
3. Calcular la velocidad de desplazamiento del vertido de acuerdo con el cálculo del módulo vectorial: $V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2}$

4. Calcular el ángulo del vector final V , con respecto al cuadrante en que se encuentre.
5. Calcular la dirección final del vertido.
6. Teniendo el punto de inicio del derrame definido en las coordenadas $N43^{\circ} 23' 04'' 23' 50''$, se define el punto de contacto con la costa usando el plano de la zona.
7. Se calcula la distancia a la costa usando el plano y la escala de éste.
8. Se calcula el tiempo que tarda el derrame en llegar a la costa, sabiendo la velocidad a la que se desplaza y la distancia que tiene que recorrer.

Para demostrar este método de una manera práctica, se procede a resolver cada uno de los casos planteados anteriormente, a través del cálculo de la dirección del vertido de hidrocarburos producido en el Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera (posición $N43^{\circ} 22' 59'' 04^{\circ} 23' 49''$) y su velocidad, así como el tiempo y el punto de llegada aproximado a la costa. El plano de la zona se muestra a continuación de la demostración del método:

1. VIENTO DEL OESTE DE 12km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN NORESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, ambas son positivas porque se dirigen hacia la derecha:

$$V_{V_x} = 12 \frac{km}{h} * \frac{3.4}{100} = 0,408 \frac{km}{h}$$

La razón de esta operación es que solamente un 3.4% del módulo de la velocidad del viento es aprovechado.

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{C_x}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_x} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes verticales, la de la corriente es positiva porque se dirige hacia arriba:

$$V_{V_y} = 0 \frac{km}{h}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{C_y}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_y} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes finales, al ser las dos positivas el vector final se sitúa en el 1º cuadrante:

$$V_x = V_{V_x} + V_{C_x} = 5,358 \frac{km}{h}$$

$$V_y = V_{V_y} + V_{C_y} = 4,95 \frac{km}{h}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 7,294 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_Y}{V_X} \xrightarrow{\text{yields}} \theta = \tan^{-1} 0,924 = 42,733^\circ$$

Debido a que estamos en el primer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$90 - \theta = 47,267^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza. La posición final es aproximada debido a que se ha definido de forma manual: N43°23'2" O4°23'21"

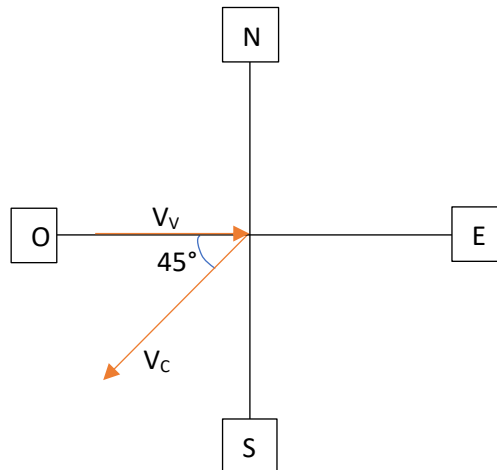
Volviendo a usar el plano de la zona y su escala, se calcula la distancia a la costa:

500m en la realidad, se representan como 48,5mm en la escala, por lo que los 96mm que separan la posición final de la inicial representan 989,7m reales.

Con este dato se calcula el tiempo que tarda el derrame en llegar a la costa:

$$V = \frac{d}{t} \xrightarrow{\text{yields}} t = \frac{d}{V} = \frac{0,9897 \text{ km}}{7,294 \frac{km}{h}} = 0,1357 \text{ horas} \equiv 8,14 \text{ minutos}$$

2. VIENTO DEL OESTE DE 18km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN SUDOESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, el viento se considera positivo porque se dirige a la derecha y la corriente negativa por dirigirse a la izquierda:

$$V_{Vx} = 18 \frac{km}{h} * \frac{3.4}{100} = 0,612 \frac{km}{h}$$

La razón de esta operación es que solamente un 3.4% del módulo de la velocidad del viento es aprovechado.

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{Cx}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cx} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes verticales, la de la corriente es negativa porque se dirige hacia abajo:

$$V_{Vy} = 0 \frac{km}{h}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{Cy}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cy} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes finales, al ser las dos negativas el vector final se sitúa en el 3º cuadrante:

$$V_x = V_{Vx} + V_{Cx} = -4,338 \frac{km}{h}$$

$$V_y = V_{Vy} + V_{Cy} = -4,95 \frac{km}{h}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 6,582 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_X}{V_Y} \xrightarrow{yields} \theta = \tan^{-1} 0,876 = 41,23^\circ$$

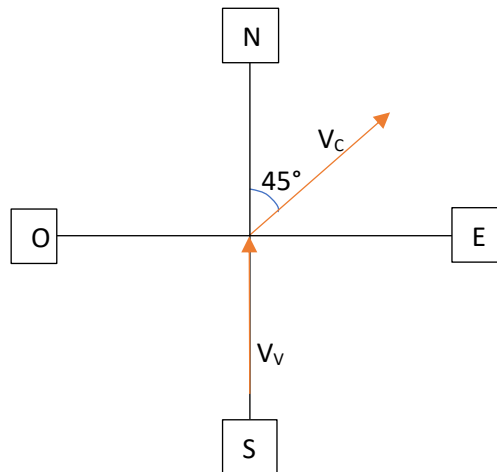
Debido a que estamos en el tercer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$180 + \theta = 221,23^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza.

La posición final es aproximadamente la misma ya que en la dirección en la que se habría de desplazar, llega inmediatamente a tocar la costa. Por esta misma razón, es innecesario calcular la distancia a la costa o el tiempo que tarda en llegar.

3. VIENTO DEL SUR DE 12km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN NORESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, la de la corriente es positiva porque se dirige hacia la derecha:

$$V_{V_x} = 0 \frac{km}{h}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{C_x}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_x} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes verticales, ambas son positivas porque se dirigen hacia arriba:

$$V_{V_y} = 12 * \frac{3,4}{100} \frac{km}{h} = 0,408 \frac{km}{h}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{C_y}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_y} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes finales, al ser las dos positivas el vector final se sitúa en el 1º cuadrante:

$$V_X = V_{V_x} + V_{C_x} = 4,95 \frac{km}{h}$$

$$V_Y = V_{V_y} + V_{C_y} = 5,358 \frac{km}{h}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 7,294 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_Y}{V_X} \xrightarrow{\text{yields}} \theta = \tan^{-1} 1,082 = 47,266^\circ$$

Debido a que estamos en el primer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$90 - \theta = 42,734^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza. La posición final es aproximada debido a que se ha definido de forma manual.

Posición final: N43°23'20" O4°23'20"

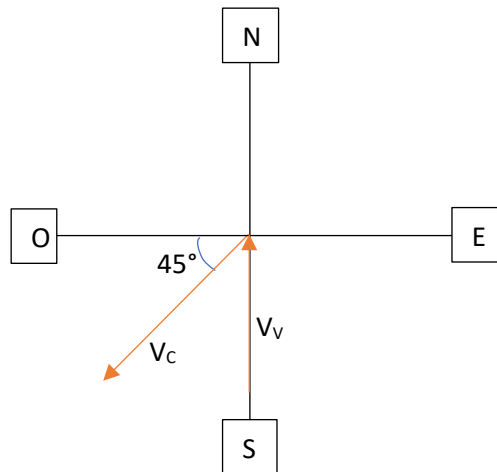
Volviendo a usar el plano de la zona y su escala, se calcula la distancia a la costa:

500m en la realidad, se representan como 48,5mm en la escala, por lo que los 94mm que separan la posición final de la inicial representan 969,1m reales.

Con este dato se calcula el tiempo que tarda el derrame en llegar a la costa:

$$V = \frac{d}{t} \xrightarrow{\text{yields}} t = \frac{d}{V} = \frac{0,9691 \text{ km}}{7,294 \text{ km/h}} = 0,133 \text{ horas} \equiv 8 \text{ minutos}$$

4. VIENTO DEL SUR DE 12km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN SUDOESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, la corriente se considera negativa por dirigirse hacia la izquierda:

$$V_{V_x} = 0 \frac{km}{h}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{C_x}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_x} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes verticales, la de la corriente es negativa porque se dirige hacia abajo y la del viento positiva porque se dirige hacia arriba:

$$V_{V_y} = 12 * \frac{3,4}{100} \frac{km}{h} = 0,408 \frac{km}{h}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{C_y}}{7 \frac{km}{h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{C_y} = 4,95 \frac{km}{h}$$

Componentes finales, al ser las dos negativas el vector final se sitúa en el 3º cuadrante:

$$V_X = V_{V_x} + V_{C_x} = -4,95 \frac{km}{h}$$

$$V_Y = V_{V_y} + V_{C_y} = -4,542 \frac{km}{h}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 6,718 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_x}{V_y} \xrightarrow{\text{yields}} \theta = \tan^{-1} 1,09 = 0,83^\circ$$

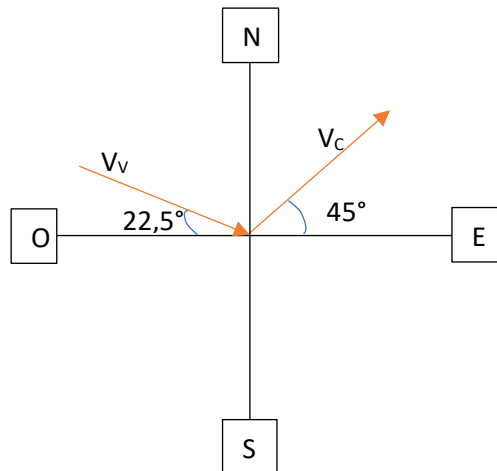
Debido a que estamos en el tercer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$180 + \theta = 180,83^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza.

La posición final es aproximadamente la misma ya que en la dirección en la que se habría de desplazar, llega inmediatamente a tocar la costa. Por esta misma razón, es innecesario calcular la distancia a la costa o el tiempo que tarda en llegar.

5. VIENTO DEL OESTE-NOROESTE DE 12km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN NORESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, ambas son positivas porque se dirigen hacia la derecha:

$$\cos 22,5^\circ = \frac{V_{Vx}}{12 \text{ km/h} * 3,4/100} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Vx} = 0,377 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La razón de esta operación es que solamente un 3.4% del módulo de la velocidad del viento es aprovechado.

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{Cx}}{7 \text{ km/h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cx} = 4,95 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Componentes verticales, la de la corriente es positiva porque se dirige hacia arriba:

$$\sin 22,5^\circ = \frac{V_{Vy}}{12 \text{ km/h} * 3,4/100} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Vy} = 0,156 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{Cy}}{7 \text{ km/h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cy} = 4,95 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Componentes finales, al ser las dos positivas el vector final se sitúa en el 1º cuadrante:

$$V_x = V_{Vx} + V_{Cx} = 5,327 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$V_y = V_{Vy} + V_{Cy} = 4,794 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 7,166 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_Y}{V_X} \xrightarrow{yields} \theta = \tan^{-1} 0,9 = 41.98^\circ$$

Debido a que estamos en el primer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$90 - \theta = 48,02^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza. La posición final es aproximada debido a que se ha definido de forma manual.

Posición final: N43°23'23,5" O4°23'21"

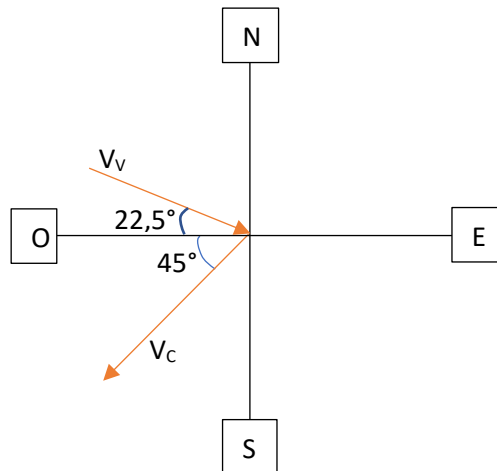
Volviendo a usar el plano de la zona y su escala, se calcula la distancia a la costa:

500m en la realidad, se representan como 48,5mm en la escala, por lo que los 98mm que separan la posición final de la inicial representan 1010,31m reales.

Con este dato se calcula el tiempo que tarda el derrame en llegar a la costa:

$$V = \frac{d}{t} \xrightarrow{yields} t = \frac{d}{V} = \frac{1,01031}{7,166} \frac{km}{km/h} = 0,141 \text{ horas} \equiv 8,46 \text{ minutos}$$

6. VIENTO DEL OESTE-NOROESTE DE 12km/h Y CORRIENTE DIRECCIÓN SUDOESTE DE 7km/h.



Componentes horizontales, la corriente se considera negativa por dirigirse hacia la izquierda y el viento positivo por dirigirse hacia la derecha

$$\cos 22,5^\circ = \frac{V_{Vx}}{12 \text{ km/h} * 3,4/100} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Vx} = 0,377 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{V_{Cx}}{7 \text{ km/h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cx} = 4,95 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Componentes verticales, ambas son negativas por dirigirse hacia abajo:

$$\sin 22,5^\circ = \frac{V_{Vy}}{12 \text{ km/h} * 3,4/100} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Vy} = 0,156 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{V_{Cy}}{7 \text{ km/h}} \xrightarrow{\text{yields}} V_{Cy} = 4,95 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Componentes finales, al ser las dos negativas el vector final se sitúa en el 3º cuadrante:

$$V_x = V_{Vx} + V_{Cx} = -4,573 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$V_y = V_{Vy} + V_{Cy} = -5,106 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La velocidad de desplazamiento del vertido:

$$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 6,83 \frac{km}{h}$$

La dirección de desplazamiento del vertido:

$$\tan \theta = \frac{V_X}{V_Y} \xrightarrow{yields} \theta = \tan^{-1} 0,897 = 41,848^\circ$$

Debido a que estamos en el tercer cuadrante, la dirección real del derrame es:

$$180 + \theta = 221,848^\circ$$

Ahora, utilizando el plano del municipio de San Vicente que se muestra más adelante se puede definir la posición final del vertido, ya que se conocen su posición inicial y la dirección en la que se desplaza.

La posición final es aproximadamente la misma ya que en la dirección en la que se habría de desplazar, llega inmediatamente a tocar la costa. Por esta misma razón, es innecesario calcular la distancia a la costa o el tiempo que tarda en llegar.

De estos seis casos se puede extrapolar que lo más importante a considerar cuando se pretenda calcular el desplazamiento del vertido de hidrocarburo es el estado en el que se encuentre la marea. Cuando la marea se encuentra subiendo (llenante) la dirección que va a tomar el vertido va a ser siempre hacia la costa (dirección Suroeste). En cambio, cuando la marea esté bajando (vaciante) el desplazamiento del derrame se produce hacia la desembocadura del estuario (dirección Noreste).

Si se considera el caso en el que la marea no está subiendo ni bajando, es decir, una “marea muerta”, el desplazamiento será, lógicamente, en la dirección del viento.

Si el viento viene del Oeste, el derrame será dirigido hacia el futuro espigón construido para el Puerto Deportivo, afectando a las embarcaciones allí amarradas.

Si el viento viene del Sur, el derrame será dirigido hacia el actual Puerto Deportivo, afectando a las embarcaciones allí ubicadas.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la trayectoria de los posibles vertidos, que muestran claramente las conclusiones a las que se ha llegado:

Viento		Corriente		Posición final del derrame	Tiempo de llegada a la costa (min)
Velocidad (km/h)	Dirección	Velocidad (km/h)	Dirección		
12	Oeste	7	Noreste	N43°23'2" O4°23'21"	8,14
18	Oeste	7	Suroeste	Posición inicial	0
12	Sur	7	Noreste	N43°23'20" O4°23'20"	8
12	Sur	7	Suroeste	Posición inicial	0
12	Oeste-Noroeste	7	Noreste	N43°23'23,5" O4°23'21"	8,46
12	Oeste-Noroeste	7	Suroeste	Posición inicial	0

Tabla 15: Resumen de la trayectoria de los vertidos de hidrocarburo (Fuente: el autor)



ZONAS QUE PROTEGER

Tras realizar el análisis de la trayectoria de los posibles vertidos de hidrocarburo en el futuro Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera, se puede observar, de manera muy clara, las zonas que necesitan una mayor protección. Esto es debido a que hay dos zonas a las que el hidrocarburo va a dirigirse debido a las condiciones del viento y de las corrientes. Estas zonas están marcadas en el siguiente mapa:



Ilustración 21: Zonas prioritarias a proteger. Fuente: el autor y (Google, 2018)

La zona número 1 coincide con el emplazamiento del futuro Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera. Esto es debido a que, en 3 de los 6 casos estudiados con diferentes características de corrientes y vientos, el hidrocarburo vertido se quedaba en el interior del Puerto Deportivo sin dirigirse a ningún otro lugar. Esta situación se

produce cuando el vertido de hidrocarburo se origina durante un momento de marea llenante, lo que hace que el hidrocarburo sea “empujado” contra la costa.

La zona número 2 coincide con el área del Rosal, una zona que se queda sin agua cuando la marea se encuentra baja. Cuando la marea está alta, el agua del mar llega hasta la linde del sendero que se encuentra separado del mar por una extensión del espigón de la playa del Merón. Esta zona no goza de prioridad a la hora de ser protegida ante un vertido de hidrocarburo, ya que el tiempo que puede llegar a tardar el vertido en alcanzar esta zona no excede demasiado los 8 minutos. Al no haber tiempo suficiente para poder reaccionar ante el vertido se considera que, si se llega a dar el caso de un vertido de hidrocarburos, esta zona no va a tener la posibilidad de no verse afectada, siempre que el vertido se produzca en un momento de marea vaciante.

Vistas ambas zonas y las condiciones con las que se tiene que contar, se puede deducir que la acción más práctica para evitar la propagación del hidrocarburo vertido por el resto del estuario es concentrar el vertido en el punto final al que llegue.

Por lo tanto, la respuesta que se da a ese posible vertido depende de en qué momento del ciclo de marea se encuentre. Si la marea está subiendo, se ha de cerrar el puerto deportivo (zona 1) lo antes posible para facilitar la eliminación de los hidrocarburos acumulados. En cambio, si la marea está bajando, se ha de hacer un uso tal de las barreras que su fin último sea concentrar el vertido de hidrocarburo en el área del Rosal (zona 2). Con estas respuestas se consigue evitar que el hidrocarburo se propague por el resto del estuario y, además, facilita el uso de los medios de recogida.

PRIORIDADES DE PROTECCIÓN

Ahora que se sabe qué zonas se van a ver afectadas en el caso de un vertido de hidrocarburo, es necesario señalar la prioridad de protección del resto de zonas que sí pueden, y deben, ser protegidas. A continuación, se muestra un plano que incluye

las zonas a proteger comprendidas en el ámbito del estuario de San Vicente de la Barquera.



Ilustración 22: Zonas con prioridad de protección Fuente: el autor y (Google, 2018)

El área marcada como zona 1 coincide con el Muelle Viejo y las instalaciones deportivas que existen actualmente en el Puerto de San Vicente. Esta área goza de prioridad de protección ante un vertido de hidrocarburos debido a que se encuentra muy cerca de la zona más probable en la que se vaya a producir un vertido de hidrocarburo. Además, esta zona es un recurso económico y turístico para el municipio de San Vicente de la Barquera.

El área marcada como zona 2 coincide con la playa del Tostadero. Dar prioridad de protección a esta área se debe a que es la zona más cercana al punto final al que se desplazaría el vertido de hidrocarburos en el caso de encontrarse en un momento de marea vaciante. Por lo tanto, siendo un recurso turístico, es necesaria su protección ya que de su existencia se derivan beneficios para el municipio de San Vicente de la

Barquera. Por ejemplo, muy cerca de esta playa, se encuentra el Camping del Rosal, cuyo mayor reclamo es encontrarse situado entre las playas de Merón y de Tostadero.

El área marcada como zona 3 consiste en las instalaciones del actual puerto de San Vicente de la Barquera. Entre estas instalaciones se encuentran la rampa y el carro varadero, la zona de secado de redes, una grúa, varios almacenes, el muelle pesquero, la lonja vieja, el aparcamiento, la lonja nueva, la fábrica de hielo y más zonas de muelles. Solo con observar la cantidad de instalaciones que se concentran en esta zona es comprensible que goce de una alta prioridad de protección. Es una zona que engloba recursos económicos (industria y pesca) y recursos turísticos (como el Paseo de la Barquera que lleva hasta el Islote de Peña Menor).

El área identificada como zona 4 corresponde a la playa de la Maza. La razón por la que esta playa se encuentra dentro de las zonas con prioridad de protección es que es un recurso turístico que se encuentra al lado de la nacional N-634, por lo que una contaminación de esta playa crearía un gran impacto visual, no solo para los habitantes del municipio (como es el caso de las otras zonas), sino para todas las personas que vayan a pasar por la carretera nacional.

MEDIOS DE PROTECCIÓN ANTE UN VERTIDO DE HIDROCARBURO

Una vez identificadas las zonas que son prioridad a la hora de ser protegidas por su inherente valor como diferentes tipos de recursos, es necesario concretar qué dispositivos o elementos se pueden llegar a utilizar para llevar a cabo esta protección.

Los medios de lucha contra la contaminación se encuentran detallados más adelante, en el apartado “Medios de lucha contra la contaminación” de la sección “Gestión de los recursos”, por lo que en este apartado del proyecto solamente se razona la selección realizada.

BARRERAS DE CONTENCIÓN

“Cuando se trata de elegir la barrera de contención más idónea para una determinada situación de emergencia, existen diferentes consideraciones para tener en cuenta:” (Chaveli, 2014)

- Robustez para soportar esfuerzos: Debido a que el posible vertido se daría en aguas protegidas, la resistencia a los esfuerzos sufridos no es la característica principal que se ha de tener en cuenta para realizar la elección de la barrera. Este dato nos permite saber que a la barrera necesaria no es necesario exigirle que aguante olas de más de 1 metro.
- Flexibilidad para resistir el efecto del oleaje: En el caso que se está tratando, el oleaje no tiene demasiada importancia al encontrarse en aguas protegidas. Sin embargo, la velocidad que puede llegar a alcanzar la corriente de marea en el interior del estuario (2 m/s) hace necesario que las barreras sean lo suficientemente flexibles para aguantar los esfuerzos generados.
- Resistencia a los pinchazos: Como el futuro puerto se encuentra en el interior de un estuario al que llegan los ríos Gandarillas y Escudo, está en una situación en la que va a recibir un aporte considerable de materiales traídos por los propios ríos. Esto crea la necesidad de que las barreras utilizadas sean resistentes a los posibles pinchazos.
- Facilidad de transporte y de despliegue: Dado que el tiempo que tardaría un posible vertido de hidrocarburos en cruzar el estuario, desde el futuro puerto deportivo hasta casi la desembocadura de este, no llega a 10 minutos, la facilidad del transporte y del despliegue de las barreras de contención son características que se han de tener muy en cuenta a la hora de escoger las barreras.
- Buena visibilidad una vez desplegada: Al ir a ser utilizadas en una zona de aguas protegidas, la visibilidad no es un factor prioritario a la hora de seleccionar las barreras de contención. Sin embargo, dado que hay bastante tráfico marítimo se requiere una visibilidad suficiente.

Tabla 16: Criterios orientativos de elección de barreras en función de las condiciones de operación (Chaveli, 2014)

	Aguas en calma	Corrientes en calma	Aguas protegidas	Aguas abiertas	Aguas abiertas y encrespadas
Altura de olas (m)	<0,3	<0,3	0 - 1,0	0 – 2,0	>2,0
Condiciones	Olas pequeñas y cortas sin rompiente	Corrientes de 0,4 m/s o superiores	Pequeñas olas y algunas crestas blandas	Olas moderadas y crestas blandas frecuentes	Grandes olas, crestas de espuma y rocciones
Tipo de barrera	Cortinilla / Valla	Cortinilla con francobordo de 50% de altura de barrera / valla	Cortina / Valla	Cortina / Valla con órgano de tracción externo	Cortina
Altura de la barrera (mm)	150 - 600	200 - 600	450 - 1100	900 - 2300	1500
Relación flotabilidad/peso	3:1	4:1	4:1	8:1	8:1
Resistencia mínima a la tracción (N)	6800	23000	23000	45000	45000

La selección de las barreras de contención ha de considerar, también, que este tipo de barreras no están diseñadas para retener hidrocarburos cuando la velocidad del agua en dirección normal a la barrera supera los 0,5 m/s. Por lo tanto, la forma de colocar estas barreras no ha de ser nunca perpendicular a la corriente de marea, ya que esta puede alcanzar velocidades de hasta 2 m/s.

Finalmente, los medios de contención escogidos son:

- **Barrera Tidal:** Esta barrera se escoge para proteger las zonas intermareales de la manera más efectiva posible. Con este tipo de barreras se protegen las zonas 2 y 4, pertenecientes a la “Ilustración 3”. Además, estas barreras podrían guardarse en un almacén más cercano a estas zonas, ya que es donde se van a usar exclusivamente.
- **Barrera de cortina inflable:** Esta barrera se escoge para poder remolcarla y tener la posibilidad de, junto con una embarcación de apoyo, juntar y desplazar el vertido de hidrocarburo a zonas menos vulnerables.
- **Barrera absorbente:** Esta barrera se escoge para ser utilizada en los casos en los que el vertido se queda en la zona 1 de la “Ilustración 2” que engloba toda el área del futuro puerto deportivo.

MEDIOS DE RECOGIDA Y RECUPERACIÓN

Una vez que se ha conseguido contener el vertido de hidrocarburos y se ha dispuesto de tal manera que los mismos no se puedan propagar, se intentará eliminar la mayor parte del contaminante del agua. Para ello se utilizan diferentes métodos como los equipos de recuperación mecánica o los medios sorbentes.

El skimmer es la herramienta utilizada como medio de recuperación mecánica de hidrocarburos. Es un equipo recolector cuya mayor eficacia se obtiene en aguas abrigadas. Además, los vertidos que puedan llegar a producirse serán de sustancias conocidas, por lo que eligiendo el dispositivo adecuado al tipo de hidrocarburo y espesor del vertido se vería mejorada aún más su eficacia. Estas son las razones que se han tenido en cuenta a la hora de “adquirir” un skimmer como medio de recogida mecánica de hidrocarburos. Como puntualización, cabe señalar que se ha de escoger un skimmer que pueda soportar que haya cierta cantidad de desechos en el agua.

Se escoge un skimmer de tipo cepillo por la posibilidad de escoger el tipo de cepillo acorde a los hidrocarburos vertidos y porque puede soportar los pequeños desechos esperables en una ría.

En cuanto a estar provistos de materiales sorbentes, además de la barrera absorbente, se dispone de 200 paños absorbentes de 50 x 50 cm y una bolsa de absorbente de 50 kg.

Para completar estos equipos de recuperación de hidrocarburos, es necesario disponer de una embarcación que permita utilizar barreras remolcadas. De esta manera se puede combinar con el uso del skimmer para aumentar la tasa de recuperación de hidrocarburo.

Una vez que el vertido ha sido recuperado o parcialmente recuperado, es necesario tener algún lugar en el que poder guardarlo hasta que se mande a una planta de tratamiento de residuos. Dado que los vertidos posibles en el interior del estuario son de pequeña magnitud, es suficiente con usar un depósito de hidrocarburos de almacenaje temporal con una capacidad de 10 m³. Es un tanque con suficiente volumen para almacenar los pequeños vertidos contaminantes que puedan producir, así como el agua oleosa que vaya a ser recogida por el skimmer.

EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

Aparte de todos los medios de lucha contra la contaminación, también hacen falta ciertos elementos que permitan proteger a las personas que se encarguen de la limpieza de un vertido de hidrocarburo.

Se cuenta con 8 Equipos de Protección Individual que incluyen buzos, guantes, botas, gafas y mascarillas.

EVOLUCIÓN DEL VERTIDO

En el momento en el que se produce un vertido de hidrocarburos, estos empiezan a sufrir una serie de transformaciones conocidas como meteorización. En estas transformaciones las características de los hidrocarburos vertidos cambian y, por lo tanto, es necesario conocer los efectos que estas transformaciones provocan en los hidrocarburos.

En el presente trabajo, el análisis de la evolución de los hidrocarburos en un vertido se realiza utilizando la herramienta “ADIOS2” (Automated Data Inquiry for Oil Spills versión 2.0.12). Esta herramienta es un modelo de evolución de hidrocarburos perteneciente a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) que presenta cómo cambian las propiedades físicas y químicas de distintos tipos de hidrocarburos en el ambiente marino y estima los cambios esperables en sus características y comportamiento.

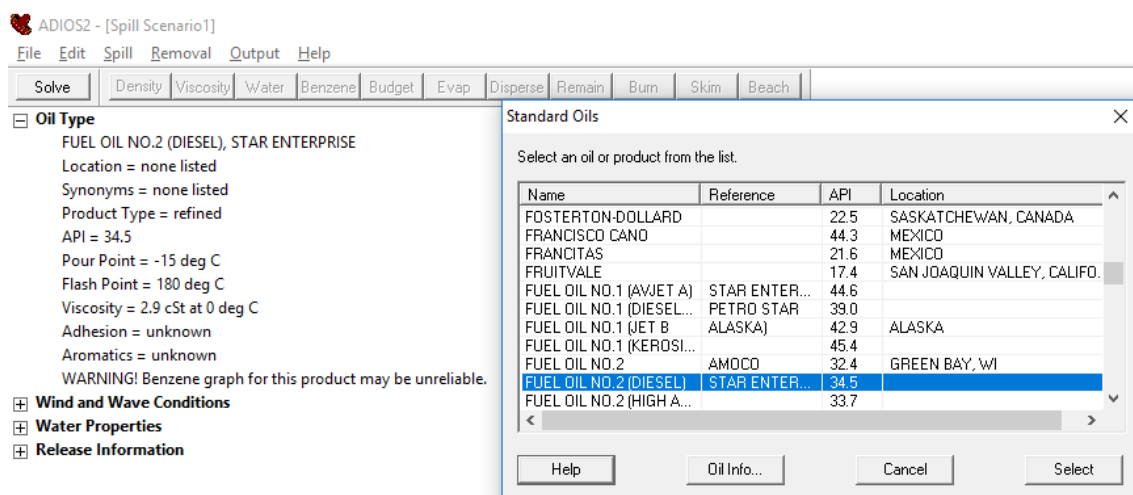


Ilustración 23: Ejemplo de selección de hidrocarburo en ADIOS2. Fuente: el autor

Para empezar a trabajar con ADIOS2 lo primero es introducir el tipo de hidrocarburo que se ha vertido. En el caso que nos ocupa, las simulaciones se realizan con los hidrocarburos, llamados en ADIOS2, “Fuel Oil Nº2 (HO/Diesel)”, que tiene 31 grados API lo cual lo sitúa entre los petróleos de crudo medio, y el “Fuel Oil Nº2 (Diesel)”, que tiene 34,5 grados API, lo que lo sitúa entre los petróleos de crudo ligero. Se han seleccionado estos hidrocarburos debido a que su gravedad específica es suficientemente parecida a los combustibles que se suministran en el puerto. Esto significa que la gravedad específica, así como la densidad relativa, del combustible Fuel Oil Nº2 (HO/Diesel) se asemeja a la del Diésel Marino y que la del Fuel Oil Nº2 (Diesel) se asemeja a la del Gasóleo A.

Una vez que se ha escogido el hidrocarburo del que se quiere realizar la simulación, hace falta seleccionar los vientos y las olas que tendrían lugar durante el vertido. Dado que en este punto del trabajo se conocen los vientos más habituales, son estos los que se utilizan para hacer la simulación:

- Viento del Oeste de 3 m/s.

- Viento del Sur de 3 m/s.
- Viento del Oeste-Noroeste de 3 m/s.

Para las olas, ADIOS2 te ofrece la opción de que sea el mismo programa el que defina la ola por defecto en relación con el viento.

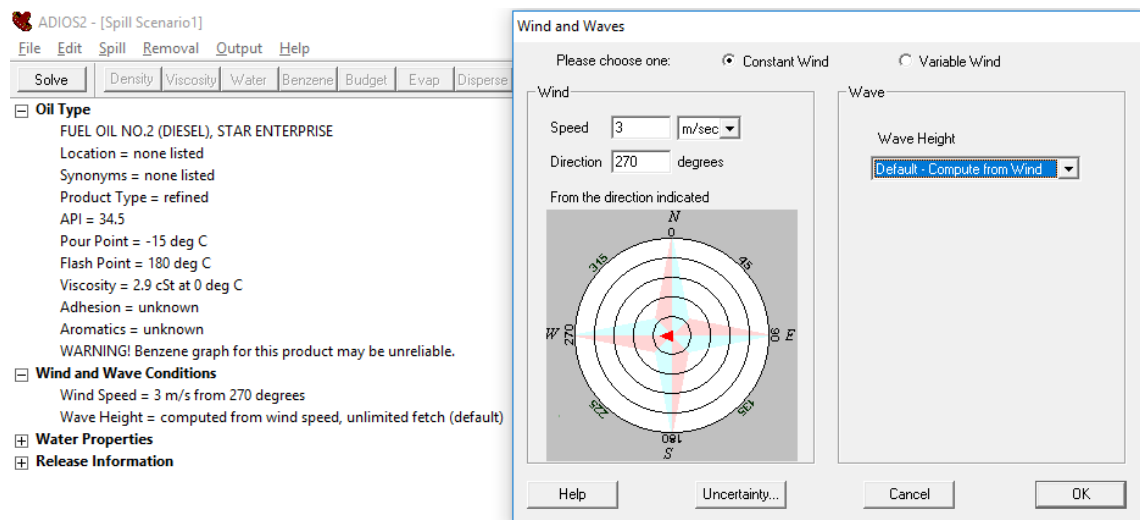


Ilustración 24: Ejemplo de selección de viento y ola en ADIOS2. Fuente: el autor

Tras escoger el viento y las olas existentes durante la evolución del vertido, el siguiente paso es seleccionar las características del agua en la que se ha producido el vertido de hidrocarburos. Los datos que se han de introducir son la temperatura, la salinidad y la carga de sedimentos que hay en el agua. La temperatura media del agua en San Vicente de la Barquera a lo largo del año varía desde los 12°C hasta los 21°C, la salinidad es de 15 g/Kg, al estar en un estuario, y la carga de sedimentos es de 50 mg/l por la misma razón.

Las corrientes que se producen en el estuario ya se han definido y están caracterizadas por una velocidad aproximada de 2 m/s y una dirección NE-SO, depende de en qué momento de la marea se observe. Dado que el vertido solamente se desplaza del punto de origen en el caso de que la corriente tenga sentido NE, ésta es la que se tiene en cuenta.

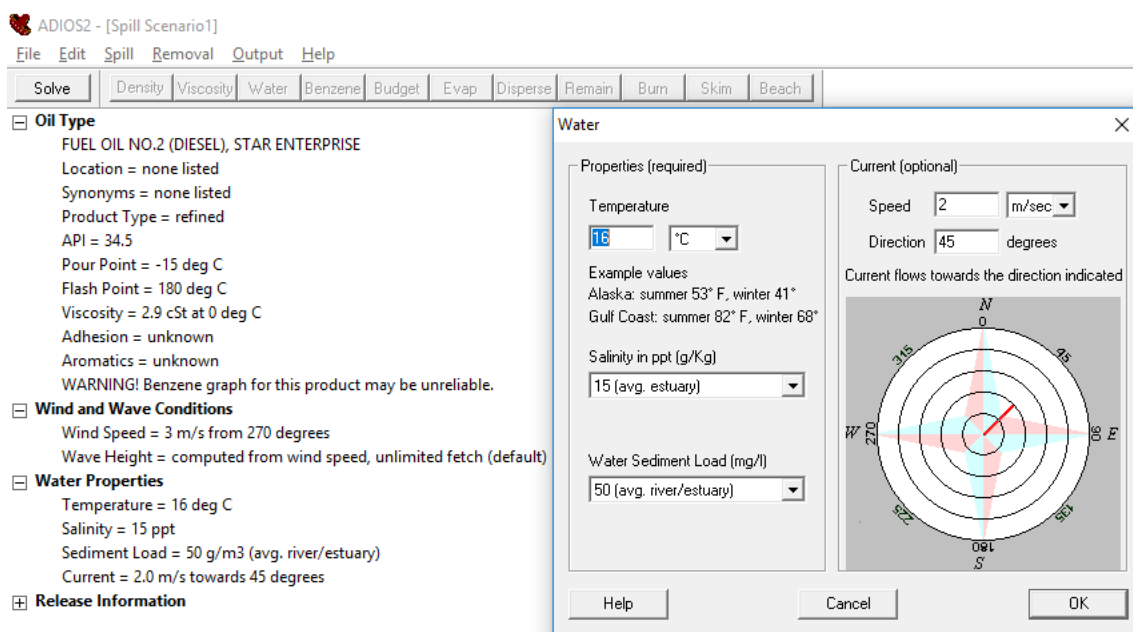


Ilustración 25: Ejemplo de selección de características del agua en ADIOS2. Fuente: el autor

Finalmente, es necesario seleccionar el tipo de vertido que puede ocurrir. Tal y como se ha señalado en el análisis de riesgos, los vertidos que pueden llegar a ocurrir son de poca magnitud y debidos a errores puntuales. Por esta razón se considera que el vertido se produce en menos de una hora. A continuación, se ha de seleccionar la fecha en la que se produce el vertido y la cantidad de hidrocarburos vertidos.

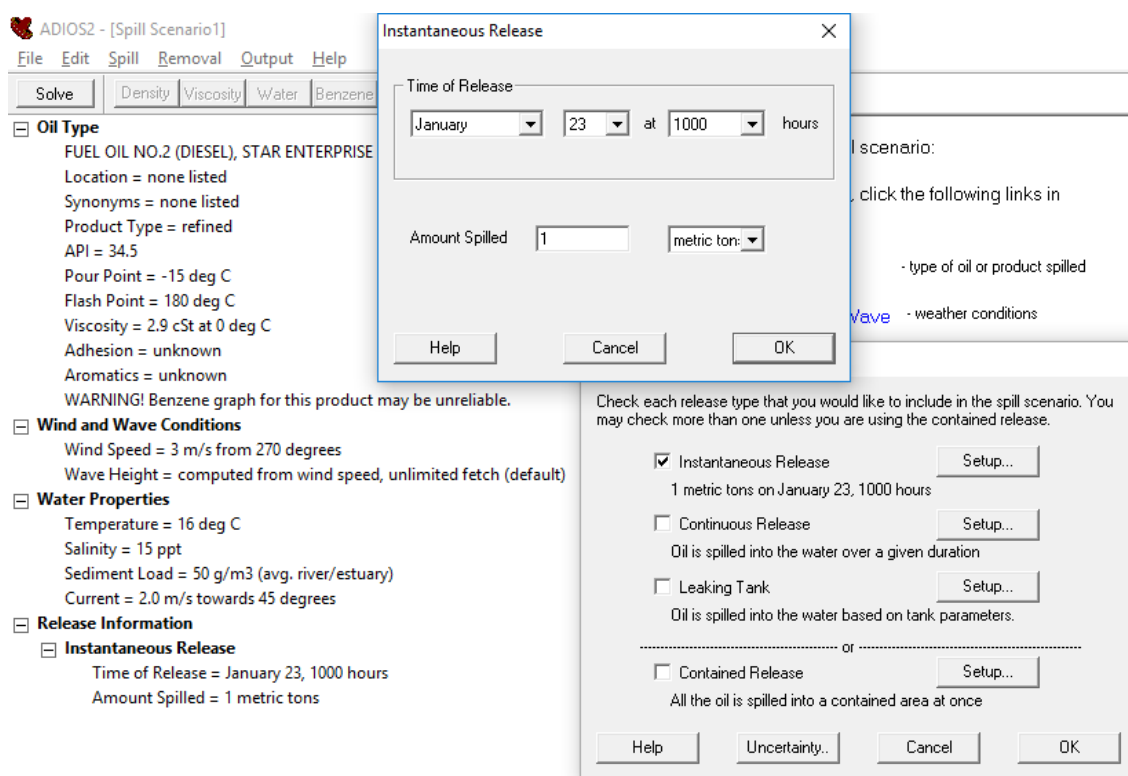


Ilustración 26: Ejemplo de selección de características del vertido en ADIOS2. Fuente: el autor

Como resultado, después de introducir todos los datos requeridos, aparecen unas gráficas en las que se incluyen la evolución de la densidad y la viscosidad, la cantidad de hidrocarburo remanente y la evaporación ocurrida. Estos factores muestran la evolución que han seguido los hidrocarburos del vertido en las horas y días posteriores al mismo.

Los resultados para cada caso concreto, diferenciando ambos tipos de hidrocarburo y las distintas condiciones en las que se produciría el vertido, se encuentran recogidos en el apartado “Anexo”.

COMPOSICIÓN Y FUNCIONES DE LOS ÓRGANOS DE DIRECCIÓN Y RESPUESTA

La composición de los Órganos de Dirección y Respuesta, en un Plan Interior de Contingencias, se corresponde con el esquema facilitado por el Real Decreto 253/2004, quedando establecido de la siguiente manera:

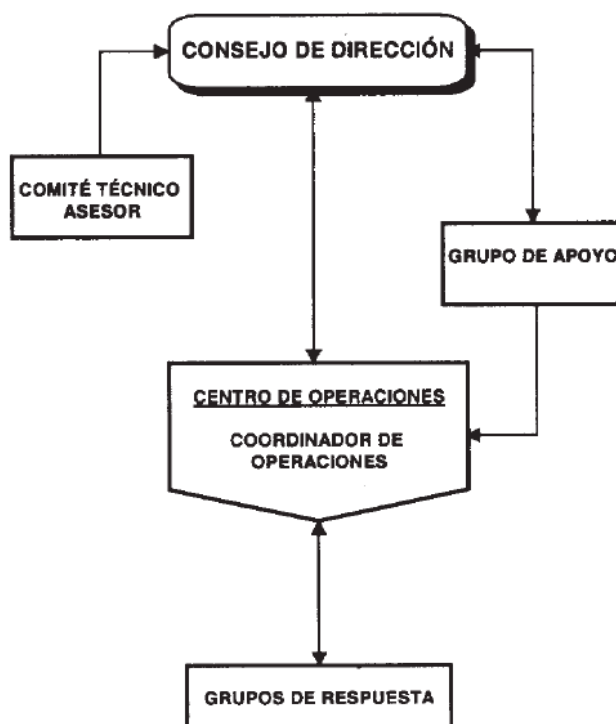


Ilustración 27: Composición de los órganos directivos y respuesta del Plan. (Ministerio de Fomento, 2004)

A parte de lo establecido por el Real Decreto 253/2004, me he basado en el Plan Interior Marítimo de un puerto deportivo de Los Alcázares (C&C Medio Ambiente, 2013) para conocer, de manera pormenorizada, las funciones de cada uno de los siguientes puestos:

DIRECCIÓN DE LA CONTINGENCIA

a. Director o consejo de dirección:

El director del Plan Interior de Contingencias del Puerto Deportivo es el responsable de tomar las decisiones pertinentes, dentro de su competencia, desde el Centro de Operaciones. En caso de que el director designado por el Plan no se encuentre en condiciones de cumplir con su obligación, por ausencia o enfermedad, ejercerá sus funciones el consejo de dirección.

Si se da el caso de activación del Plan Nacional de Contingencias y/o del Plan Territorial de Contingencias, el director del Plan no será apartado del mando, sino que pasará a formar parte del Comité Asesor del Plan de Contingencias activado.

Las funciones del director del Plan Interior de Contingencias son, primordialmente, las que siguen. Sin embargo, dado algún caso que por cuya condición de excepcionalidad no haya sido contemplado, será su cometido tomar las acciones necesarias:

- Declarar la activación y la aplicación del Plan Interior de Contingencia del Puerto Deportivo.
- Establecer las líneas generales de actuación, así como las acciones más convenientes en cada momento para hacer frente a la emergencia.
- Coordinar, desde el Centro de Operaciones, todos los medios necesarios -o disponibles- tanto humanos como materiales.
- Convocar a las personas que forman el Comité Técnico Asesor que considere necesarias.
- Realizar el seguimiento de los resultados que se vayan obteniendo y mantener la comunicación de la información con las administraciones públicas competentes de la región, en lo relacionado con la contaminación marina.
- Solicitar ayuda exterior cuando la emergencia no pueda controlarse con los medios disponibles. Para ello tendrá que activar el Plan Territorial, o el Plan Nacional de Contingencias, cuando sea necesario.
- Si llega a activar un Plan de nivel superior, habrá de asesorar al director de dicho Plan (Nacional o Territorial) integrándose en el Comité Técnico Asesor.

- Declarar el fin de la emergencia y la desmovilización de los medios desplegados.
- Cerciorarse de que se realiza un informe de inventario de daños.
- Reunir toda la documentación general relativa a la emergencia para poder redactar un informe que llegue a los órganos competentes, la Capitanía Marítima y el Centro de Emergencia de la Comunidad Autónoma.
- Revisar el Plan de Contingencia tras su puesta en funcionamiento para mejorarlo de cara al futuro.
- Revisar el Plan de Formación del Plan de Contingencia.

COMITÉ TÉCNICO ASESOR

“Este Comité está formado por un grupo de expertos cuyos conocimientos en materias científicas, técnicas, jurídicas o económicas pudieran ser relevantes y cuyo cometido es asesorar al director de la emergencia” (Ministerio de la Presidencia, 2012). Para formar dicho Comité, se seleccionarán a las personas designadas por el director del Plan o por el consejo de dirección. Estas personas no tienen por qué encontrarse físicamente en el Centro de Operaciones, depende del director del Plan requerir su presencia en el Centro de Operaciones o solamente establecer comunicación con ellos a través de cualquier medio considerado adecuado.

Las funciones que recaen sobre este Comité son las siguientes:

- Utilizar los datos disponibles para analizar la situación de emergencia y valorar posibles respuestas.
- Dar apoyo y asesoramiento al director del Plan en todos los aspectos relacionados con la emergencia. Desde la perspectiva técnica, hasta la jurídica, pasando por la administrativa.
- Seguir el desarrollo de la emergencia y predecir la evolución de los agentes contaminantes.
- Determinar los equipamientos y suministros necesarios en función del estado de la emergencia.

CENTRO DE OPERACIONES (COP)

Este es el punto central desde el que se realiza la gestión de la emergencia. Desde aquí, el director del Plan Interior de Contingencias ha de ser capaz de realizar sus labores de dirección y coordinación de todas las operaciones. También es el lugar donde se toman las decisiones y se realiza la planificación de las acciones necesarias. Es necesario que asegure la comunicación entre el director del Plan y los Grupos de Respuesta en el lugar del suceso para que se puedan intercambiar las instrucciones del director con la información, de primera mano, del personal encargado de realizar las acciones encomendadas.

El Centro de Operaciones se establece en los centros de coordinación previstos en el Procedimiento de Actuación frente a la Contaminación Marina Accidental de la Comunidad Autónoma, donde el director del Plan Interior de Contingencias es la máxima autoridad (hasta que se eleva el nivel del Plan).

Las funciones del personal que se encuentre en el Centro de Operaciones serán:

- “Asesorar al director de la emergencia sobre las consecuencias del siniestro, medidas a adoptar y medios necesarios en cada momento de la emergencia.” (Escolano, 2015)
- Ayudar al director a la hora de tomar decisiones y de llevarlas a cabo.
- Asegurar las comunicaciones entre el director del Plan y el Grupo de Respuesta, recibiendo, clasificando y evaluando la información recibida, así como siguiendo la evolución general de la emergencia. Se ha de conseguir una comunicación fluida con todos los órganos que intervengan.
- Realizar el seguimiento de las operaciones del Grupo de Respuesta, registrando las acciones que se realicen en el lugar de la emergencia. A la hora de realizar el registro, se ha de rellenar el formulario denominado “Registro de Control de Operaciones” con la siguiente información:
 - Orden comunicada a los grupos.
 - Fecha y hora de la orden.
 - Hora de finalización.
 - Medios que han intervenido.
 - Cualquier novedad de interés.

- Una de las personas que forma parte del Centro de Operaciones es el encargado de las relaciones públicas. “Se encarga de actuar como interlocutor entre el director de la emergencia y los medios de comunicación e información social, las entidades públicas, las familias del personal portuario, etc.” (Escolano, 2015)

GRUPOS DE RESPUESTA (GR)

Los Grupos de Respuesta están formados por las personas que intervienen directamente en la Contingencia. Para contactar con ellos desde el COP hace falta una persona encargada de realizar esta función, en ese puesto se encuentra el Coordinador de Operaciones de Intervención (COI). Esta persona hará de punto de conexión entre el órgano de dirección de la emergencia y los Grupos de Respuesta. El COI puede delegar parte de sus obligaciones en un operador de comunicaciones que tendrá que mantener las comunicaciones abiertas durante la emergencia (apuntando los avisos recibidos) y activar los sistemas de alarma disponibles.

La función del Coordinador de Operaciones de Intervención consiste en organizar los grupos de respuesta de acuerdo con las directrices transmitidas por el director de la operación y reportar a éste los informes hechos por los Grupos de Respuesta.

Las funciones de los Grupos de Respuesta son muy variadas dependiendo del tipo de Grupo de Respuesta pertinente:

- Grupo de Intervención: Se encarga de combatir la emergencia por la que se ha activado el Plan. Su propósito es controlar la contingencia en el mínimo tiempo posible y organizar la limpieza y recuperación de los residuos remanentes de la emergencia. Está formado por aquellas personas que intervienen directamente en la contención de la emergencia.
- Grupo de Apoyo Logístico: Está formado por el personal que se ocupa de suministrar medios, tanto materiales como humanos, para hacer frente a la emergencia.
- Grupo de Orden, Control y Evacuación: Las personas que lo forman se encargan de controlar los puntos de acceso y evacuación y de las labores de

vigilancia de la emergencia. Si algún grupo necesita apoyo, será este grupo el encargado de acudir.

Además, hay unas funciones compartidas por todos los grupos. Se trata de recoger la mayor cantidad de información pertinente para poder realizar un posterior análisis de la respuesta a la emergencia e informar al director de la emergencia de la evolución de los acontecimientos.

COMITÉ DE SEGURIDAD

Una vez que la emergencia ha llegado a su fin, es el turno de actuación del Comité de Seguridad. Éste es un grupo que no tiene ninguna función mientras dura la emergencia. Esto es debido que es un órgano de control que se ocupa de mantener la funcionalidad del Plan y de realizar la revisión necesaria tras una activación del mismo. Sus funciones consisten en:

- Fomentar el mantenimiento de la operatividad del Plan Interior de Contingencia. Para ello programan las reuniones de trabajo, los ejercicios y los simulacros necesarios, además de analizar los resultados de las actividades del último año.
- Después de una emergencia, estudian los informes realizados durante la misma y aprueban las modificaciones al Plan que se consideren necesarias.
- Después de una emergencia, colaborar con el director del Plan en la evaluación de daños y la propuesta de medidas de reposición.

ACTIVACIÓN DEL PLAN

La activación del Plan Interior de Contingencias será realizada siempre, como se ha dicho anteriormente, por el director de la emergencia. La causa más probable que puede llevar al director a activar el Plan es un Aviso de Emergencia. Estos avisos pueden llegar de parte de distintas personas o entidades:

- Aviso de Emergencia por un usuario, es decir, por una persona que se encuentre en el puerto.
- Aviso de Emergencia desde una instalación: Un operario del puerto se ha percatado de la emergencia.
- Aviso de Emergencia desde Capitanía Marítima: la emergencia se localiza en un buque y, por tanto, es Capitanía Marítima la primera en ser notificada.
- Aviso de Emergencia, por parte del Ayuntamiento del municipio, por vertido contaminante en aguas interiores.

Dependiendo de la importancia del vertido, se ha de activar la situación de emergencia adecuada a la magnitud de este. Las situaciones de emergencia posibles están recogidas en el artículo 7 del Real Decreto 1695/2012. En el mismo se estipulan las condiciones que han de establecerse para la activación de cada una de las situaciones. Las condiciones son las siguientes:

- Magnitud y peligrosidad de la emergencia. Es necesario conocer el tipo de agente contaminante y el lugar de la contaminación.
- Superficie y vulnerabilidad de las áreas posiblemente afectadas. Se han de considerar las razones económicas, ambientales y de protección de la salud y la vida humanas.
- Medios necesarios y medios disponibles.

NIVELES DE ALERTA

Con el fin de actuar correctamente ante un suceso que pueda provocar un episodio de contaminación marina accidental, se han establecido tres situaciones de respuesta -I, II y III- además de una situación de prealerta (situación 0). Es el director de la emergencia el encargado de decidir el nivel de respuesta activado. En la siguiente página se muestra una tabla -adaptada del Trabajo de Fin de Máster de Javier Jerez Escolano- en la que se pueden apreciar más claramente las condiciones que se han de cumplir para la activación de cada una de las situaciones de emergencia:

Tabla 17: Situaciones de contingencia (Escolano, 2015)

Situación 0	
Se producirá cuando tenga lugar un episodio de contaminación marina de pequeña magnitud y peligrosidad.	Que la contaminación marina esté dentro del ámbito de aplicación de una Plan Interior Marítimo y/o Plan Local.
	Que la contaminación esté dentro del ámbito de aplicación de los Planes Interiores Marítimos.
	Que la contaminación afecte o pueda afectar exclusivamente y de forma limitada al frente costero de una entidad local.
Situación 1	
Se producirá cuando tenga lugar un episodio de contaminación marina de magnitud o peligrosidad media.	Que los medios disponibles en los planes activados en la situación 0 resulten insuficientes para combatir la contaminación.
	Que la contaminación se hubiera producido fuera del ámbito de aplicación de los planes interiores marítimos.
	Que la contaminación afecte o pueda afectar al tramo de costa correspondiente a varios municipios limítrofes.
	Que, por las circunstancias de vulnerabilidad de la zona afectada o amenazada, aun siendo aplicable la situación 0, se considere necesario por parte de las autoridades responsables activar los planes correspondientes a la situación 1 en el grado de respuesta que se estime oportuno.
Situación 2	
Se producirá cuando tenga lugar un episodio contaminante en una zona especialmente vulnerable.	Que los medios disponibles en los planes activados en la situación 1 resulten insuficientes para combatir la contaminación.
	Que la zona afectada o amenazada sea especialmente vulnerable.
Situación 3	
Se producirá cuando tenga lugar un episodio de contaminación marina de gran magnitud o peligrosidad.	Que la contaminación afecte o pueda afectar a la costa de varias comunidades autónomas.
	Que la contaminación pueda afectar a las aguas o a la costa de Estados limítrofes.
	Que la contaminación se produzca en aguas bajo soberanía de los estados limítrofes, pero que pueda poner en peligro, por su peligrosidad, extensión y proximidad geográfica, las aguas marítimas sobre las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción, o las costas españolas.
	Que estado en peligro la seguridad de personas y bienes, la emergencia sea declarada de interés nacional por el ministro del Interior, según lo establecido en la Norma Básica de Protección Civil, aprobada por el Real Decreto 407/1992.

NOTIFICACIÓN DEL SUCESO

En el momento que nos encontramos ante un suceso de contaminación marítima en el ámbito portuario, el aviso puede llegar, como se ha dicho anteriormente, de diferentes fuentes. Esta posibilidad es lo que dota de importancia al procedimiento de notificación de emergencias. Este procedimiento está recogido en la Orden AAA/702/2014, de 28 de abril, por la que se aprueba el Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación. En el artículo 5 de esta Orden se trata sobre el protocolo de comunicación de la activación de Planes, y dice así: “La autoridad o empresa a cargo de un plan interior marítimo comunicará la activación de su plan interior marítimo a la capitanía marítima, que informará a los servicios periféricos de costas del MAGRAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente). El órgano competente de una comunidad autónoma [...], que disponga de estructura organizativa y medios propios para hacer frente a las operaciones en la mar y active dicha estructura, lo comunicará a la Delegación del Gobierno, quien informará a la DGSCM (Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar) del MAGRAMA. La autoridad marítima comunicará la activación del Plan Marítimo Nacional a la DGSCM del MAGRAMA.” (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2014).

Una vez conocido el marco legal que va a actuar de referencia, se pueden empezar a considerar los distintos casos que se pueden producir, dependiendo del lugar en el que se produzca la contaminación. Los siguientes pasos para la notificación del suceso han sido tomados del TFG de Simó Ferrando Clari y adaptados al Puerto Deportivo de San Vicente:

[Suceso de contaminación marina en una empresa o instalación portuaria:](#)

Se considera este caso cuando la contaminación se haya producido en la propia empresa o instalación o, si se ha producido fuera de la misma, haya penetrado en la lámina de agua asociada a la misma.

Si la contingencia es detectada por el personal de la propia instalación, se activa su propio Plan de Contingencia y se comunica telefónicamente el nivel de respuesta

activado al Centro de Operaciones del Puerto, por parte del responsable de la instalación.

Si la contingencia es detectada por una persona ajena a la instalación, se realiza comunicación telefónica con el Centro del Control por parte de la persona que ha detectado la contingencia y se comunica, por parte del Centro de Operaciones, al responsable de la instalación para que active su Plan de Contingencia.

A continuación, se ha de avisar al jefe de turno de la Policía Portuaria para que acuda al lugar de la contingencia y proporcione la información sobre la contingencia al Centro de Operaciones.

Después, se ha de informar al director del Plan desde el Centro de Operaciones para que decida si es necesaria la activación del Plan de Contingencias del Puerto. Si el director considera que la instalación no es capaz de controlar la emergencia con sus propios medios, tendrá que activar el Plan y convocar a los órganos de dirección y respuesta.

Tras esto, se ha de avisar a Protección Civil y Emergencias por si es necesario activar el Plan Regional de la Comunidad Autónoma.

Una vez que se ha formado el Centro de Operaciones, gracias a los informes realizados por el Coordinador de Operaciones, se determina el nivel de respuesta que el director de la emergencia va a activar. Éste también se ha de ocupar de determinar las operaciones de respuesta, y la distribución de los medios, que van a realizar, y necesitar, los grupos de respuesta y de comunicárselo al coordinador de operaciones.

Si el director del Plan considera, en función de los informes emitidos, que la emergencia está controlada, se decretará el fin de la emergencia. Si considera que la contingencia no es controlable con los medios del puerto, o que puede llegar a afectar a la costa, solicitará la activación del Plan Regional de Contingencia. En caso de que con los medios adscritos al Plan Regional se prevea que la contingencia no es controlable, se solicitará la activación del Plan Nacional de Contingencia.

SUCESO DE CONTAMINACIÓN MARINA EN UNA ZONA DE AGUA NO ASOCIADA A NINGUNA EMPRESA O INSTALACIÓN.

Lo primero será avisar al Centro de Operaciones acerca de un suceso de contaminación marina en el puerto que no se corresponde con ninguna de las instalaciones o empresas. Si la contaminación llega, finalmente, a penetrar en la lámina de agua asociada a una empresa o instalación, se seguirán los pasos del apartado anterior.

Tras esto, se ha de avisar al jefe de policía portuaria para que acuda al lugar del suceso y proporcione la información sobre este al Centro de Operaciones.

Una vez que se ha confirmado el suceso se ha de avisar al director del Plan de Contingencia, quien considerará si el derrame puede ser controlado con facilidad o no. En caso de que no se pueda controlar, se procederá a la activación del Plan de Contingencia del puerto y a la convocatoria de los órganos de dirección y respuesta. A continuación, basándose en los informes del Coordinador de Operaciones, se determinará el nivel de respuesta que el director de la operación activará. Éste también se ha de ocupar de determinar las operaciones de respuesta, y la distribución de los medios, que van a realizar, y necesitar, los grupos de respuesta y de comunicárselo al coordinador de operaciones.

Después, se ha de avisar a Protección Civil y Emergencias por si es necesario activar el Plan Regional de la Comunidad Autónoma.

Si el director del Plan considera, en función de los informes emitidos, que la emergencia está controlada, se decretará el fin de la emergencia. Si considera que la contingencia no es controlable con los medios del puerto, o que puede llegar a afectar a la costa, solicitará la activación del Plan Regional de Contingencia. En caso de que con los medios adscritos al Plan Regional se prevea que la contingencia no es controlable, se solicitará la activación del Plan Nacional de Contingencia.

SUCESO DE CONTAMINACIÓN MARINA PROVOCADO POR UN ACCIDENTE MARÍTIMO EN EL QUE ESTÁN INVOLUCRADOS UNO O MÁS BUQUES.

Lo primero que hay que hacer ante un suceso de este tipo, o cualquier otro, es avisar. En este caso, es el Capitán de uno de los buques afectados el que tendría que ponerse en contacto con el Centro de Operaciones, pero puede ser, incluso, una persona ajena al puerto la que dé el aviso.

Tras esto, se ha de avisar al director del Plan de Contingencias y a la dirección del puerto para poder convocar a los órganos de dirección y respuesta del Centro de Operaciones.

A continuación, el director del Plan de Contingencia ha de solicitar la activación del Plan Nacional de Contingencias y tiene que activar la situación III del Plan de Contingencias del puerto deportivo. Además, debe definir las operaciones de respuesta que tienen que realizar los grupos de respuesta mientras esperan la llegada de los medios de ayuda exterior.

Finalmente, cuando lleguen los medios adscritos al Plan Nacional, se han de coordinar todos los órganos de dirección y respuesta bajo el mando de la Dirección de Operaciones del Plan Nacional. En caso de que la dirección de operaciones juzgue que el derrame puede llegar a afectar a la costa, solicitará la activación del Plan Regional.

COMUNICACIÓN

Conseguir resolver un episodio de contaminación marina en un puerto depende fundamentalmente del intercambio de información que conllevan las labores de gestión y actuación. Por lo tanto, es necesario que las vías de comunicación sean conocidas por todos los grupos que participan en el incidente y que funcionen correctamente. En este apartado se describen los sistemas de comunicación usados con los distintos grupos implicados en el suceso de contaminación.

En el caso de que se active el Plan de Contingencias del puerto, el intercambio de información se concentra en el Centro de Operaciones, donde se reciben y distribuyen las notificaciones que circulan durante un suceso de este tipo.

El director de la emergencia coordinará, a través del Centro de Operaciones y de los diferentes responsables de cada grupo o equipo, las actuaciones de los diferentes grupos. En aras de ello, tiene que conocer la situación en cada momento y la evolución previsible del suceso. Debido a esto ha de solicitar los medios que requiera para cumplir sus funciones.

Los medios que se utilizan para transmitir la información, realizar órdenes, hacer solicitudes o convocar a los distintos equipos son: medio oral, a través de la radio, de aparatos de telefonía fija o móvil y el uso del fax y del correo electrónico.

Medios de comunicación en el puerto

En el apartado anterior se han descrito los medios de comunicación utilizados durante un suceso de contaminación. En este apartado se tratará más concretamente de los documentos enviados por fax, principalmente informes.

“Los informes se emplean para tener constancia por escrito de la notificación inicial y final de la emergencia, así como del seguimiento de la evolución de la contaminación y su control en el transcurso de la contingencia.” (Clari, 2016) Estos informes han de aportar la mayor cantidad de información posible, dando detalles de la situación, para que el Centro de Operaciones pueda evaluarla correctamente. Así, se facilita la toma de decisiones y se deciden con mayor acierto las acciones a realizar para controlar el suceso. Además, estos informes se utilizarán, tras la desactivación del Plan, para corregir los problemas o deficiencias existentes en el mismo y mejorar la actuación. Los principales informes que se mueven durante un suceso de contaminación marina son:

- INFORME POLREP: Es un modelo estandarizado de informe sobre contaminación marina.

Informe sobre contaminación marina «POLREP»

POLREP

De:

Para:

DTG:

Identificación:

Número serie:

Parte I - POLWARN:

- A. Fecha y hora de la observación/reporte de la contaminación e identidad del observador/informante.
- B. Posición y extensión de la contaminación.
- C. Derrame.
- D. Incidente
- E. Acuse de recibo.

Parte II - POLINF:

- F. Fecha y hora de la observación/reporte de la contaminación e identidad del observador/informante.
- G. Posición.
- H. Características de la contaminación.
- I. Origen y causa.
- J. Dirección y velocidad del viento.
- K. Corrientes y/ o marea.
- L. Estado de la mar.
- M. Deriva con horas estimadas y predicción de modelos matemáticos
- N. Fotografías, video y datos de sensores.
- O. Buques en la zona.
- P. Acciones tomada.
- Q. Otra información relevante.
- R. Descripción:
 - 1. Naturaleza del producto:
 - 2. Cantidad estimada (m^3).
 - 3. Longitud (km):
 - 4. Anchura (km):
 - 5. Cobertura (%):
 - 6. Cobertura área contaminada (km^2).
 - 7. Porcentaje del área de cobertura según código apariencia (%).

=Película: %.

=Irisación: %.

=Metálico: %.

=Color verdadero discontinuo: %.

=Color verdadero continuo: %.

=Otro: %.

Parte III - POLFACT:

- S. Fecha y hora.
- T. Solicitud de asistencia.
- U. Coste.
- V. Gestiones de entrega.
- W. Asistencia, dónde y cómo.
- X. Otros estados solicitados.
- Y. Cambio de coordinación.
- Z. Intercambio de información.

Ilustración 28: Informe POLREP (Ministerio de Fomento, 2014)

- **INFORME PERIÓDICO:** Recoge la información sobre la evolución de la mancha, o la zona afectada, y de la eficacia de los trabajos. Además, incluye cualquier información relativa a las necesidades de medios materiales y humanos que tengan los Grupos de Respuesta para cumplir con las órdenes del director del Plan. Este informe se rellena en el Centro de Operaciones a partir de los datos proporcionados por el Coordinador de Operaciones.

- **INFORME FINAL:** Ha de ser elaborado por el Coordinador de Operaciones y entregado al director del Plan, el cual tiene que enviar una copia a los organismos implicados. Este informe debe contener, por lo menos, los siguientes puntos:
 - Origen de la contaminación.
 - Descripción del contaminante.
 - Posibles causas del derrame.
 - Medios materiales y humanos utilizados
 - Fases de actuación.
 - Medidas correctoras adoptadas.
 - Materiales consumidos. Necesidad de adquisición/reposición.
 - Evaluación de las actuaciones realizadas. Posibles mejoras.

COORDINACIÓN CON OTROS PLANES

En caso de que se produzca la activación del Plan de Contingencias del Puerto de San Vicente de la Barquera, hay que considerar que se podrían ver implicados otros Planes, tanto del subsistema marítimo como costero, dependiendo del nivel de respuesta activado. En el artículo 3 del RD 1695/2012 quedan definidos los subsistemas de respuesta (Ministerio de la Presidencia, 2012):

“Artículo 3. Subsistemas de respuesta.

El Sistema Nacional de Respuesta contempla dos subsistemas, cuyos ámbitos de actuación serán las aguas marítimas y la costa, respectivamente.

1. El subsistema marítimo está integrado por los siguientes planes de contingencias:
 - a. Plan Marítimo Nacional: plan de contingencias ante un suceso de contaminación marina que afecte o pueda afectar a las aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción, en el marco del artículo 264 del Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de puertos del Estado y de la marina mercante.
 - b. Plan interior marítimo: plan de contingencias ante un suceso de contaminación marina que se produzca dentro de su ámbito de aplicación, en un puerto, un terminal marítimo de manipulación de mercancías, una plataforma marina de exploración o explotación de recursos naturales en el mar, así como cualquier otra instalación marítima situada en zonas donde España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

Podrán formar parte del subsistema marítimo las estructuras organizativas de los medios disponibles de las comunidades autónomas [...] para hacer frente a determinadas operaciones en la mar. Tales estructuras deberán integrarse con el Plan Marítimo Nacional, en los términos previstos en este real decreto, y de acuerdo con los criterios del vigente Plan Nacional de Servicios Especiales de Salvamento de la

Vida Humana en la Mar y de la Lucha contra la Contaminación del Medio Marino, así como con los posibles acuerdos o convenios específicos que pudieran existir a estos efectos.

2. El subsistema costero está compuesto por los siguientes planes de contingencias:

- a. Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación: plan de contingencias ante un suceso de contaminación marina que afecte o pueda afectar a la costa y que requiera la intervención de la Administración General del Estado a través del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y, en su caso, del Ministerio del Interior, atendiendo a los criterios de activación previstos en los artículos 7 y 8 de este real decreto.
- b. Planes territoriales de comunidades autónomas [...] de protección de la ribera del mar contra la contaminación (en adelante planes territoriales): plan de contingencias ante un suceso de contaminación marina que afecte o pueda afectar a la costa de una comunidad autónoma [...].
- c. Planes locales de protección de la ribera del mar contra la contaminación (en adelante planes locales): plan de contingencias ante un suceso de contaminación que afecte o pueda afectar al ámbito territorial de una entidad local costera.” (Ministerio de la Presidencia, 2012)

Dado el citado artículo y relacionándolo con el Plan que nos ocupa, se pueden obtener algunas conclusiones.

En el caso del subsistema marítimo, el Plan de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en el Puerto de San Vicente de la Barquera se encuentra a un nivel inferior al Plan Marítimo Nacional.

En el caso del subsistema costero, el Plan se encuentra al nivel más bajo, un nivel por debajo del Plan Territorial y dos niveles por debajo del Plan Estatal.

En lo concerniente a la relación entre los distintos Planes, se considera el artículo 8 del RD 1695/2012:

1. “Planes del subsistema marítimo:

- a. Los planes interiores marítimos serán activados por la autoridad o empresa a cargo de estos, en el grado de respuesta adecuado.
- b. La activación de un plan interior marítimo en fase de emergencia implicará la declaración de la fase de alerta del Plan Marítimo Nacional y del plan territorial correspondiente, así como de los esquemas de organización o funcionamiento de que dispongan en su caso las comunidades autónomas litorales [...] para hacer frente a determinadas actuaciones en la mar.
- c. El Plan Marítimo Nacional será activado por la autoridad marítima cuando resulte necesario para la prevención o mitigación de los daños, con la consiguiente movilización de los medios de intervención adscritos al mismo. La utilización de medios movilizados con anterioridad por los otros planes del subsistema marítimo se realizará en el marco de actuación del Plan Marítimo Nacional y siguiendo sus protocolos.

2. Planes del subsistema costero:

- a. Los planes territoriales y los planes locales serán activados por las autoridades competentes en cada caso, en el grado de respuesta adecuado.
- b. La activación de un plan local supondrá la declaración de la fase de alerta del correspondiente plan territorial. A su vez, la activación de un plan territorial supondrá la declaración de la fase de alerta del Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación.
- c. El Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación será activado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. La movilización de medios de intervención del plan tendrá lugar según lo previsto en las situaciones 2 y 3 contempladas en el artículo 7.2 de este real decreto.

- d. En el caso de que medios del Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación sean movilizados en situación 2, dichos medios complementarán a los del plan territorial que hubiera sido activado. En tal caso, un representante del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, al cual corresponderá la coordinación de los medios aportados por el plan estatal, formará parte del centro de coordinación operativa desde el que se dirija la emergencia. En los casos de emergencia declarados como situación 3 la utilización de medios movilizados con anterioridad por los otros planes del subsistema costero se realizará en el marco de actuación del Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación y siguiendo sus protocolos.” (Ministerio de la Presidencia, 2012)

De este artículo se puede deducir que la activación de un nivel del Plan u otro depende de la capacidad que se tenga para detener el suceso. Si con el Plan Interior de Contingencia del Puerto de San Vicente de la Barquera es suficiente para controlar el suceso, no hará falta que se active un Plan superior, aunque es necesario declarar el estado de alerta por si hay que activarlo. Si, en cambio, no se puede controlar con los medios adscritos disponibles, se tendrá que activar un Plan superior y, por tanto, declarar la fase de alerta del Plan de nivel superior.

Además, los Planes han de estar diseñados de tal manera que la aplicación de uno de los Planes se acople perfectamente a los Planes de nivel superior. Esto permite que no se obstaculicen unos planes con otros.

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

En el momento que es decretada la situación de emergencia, las primeras actuaciones a realizar no dependen del nivel de respuesta activado. Es decir, al declararse una emergencia las primeras actuaciones siempre son idénticas y realizar unas u otras depende del Grupo de Respuesta considerado:

- Grupo de Orden, Control y Evacuación: se encargan de controlar el acceso a la zona del suceso y a facilitar la intervención de los demás grupos.
- Grupo de Apoyo Logístico: se ocupan de la gestión de los residuos y de prever las medidas de actuación y la intendencia necesarias.
- Grupo de Intervención: han de reunir toda la información posible sobre el suceso, establecer el Centro de Operaciones y establecer las diferentes áreas de actuación para movilizar los medios necesarios de forma que se puedan realizar las acciones de respuesta de la manera más eficiente posible.

Aparte de las acciones realizadas por los Grupos de Respuesta, es necesario realizar siempre otra serie de actuaciones, por parte del director del Plan, cuando se produce la activación de este:

- Convocar al Consejo Asesor.
- Utilizar la información recibida, del Equipo de Intervención o de cualquier otra fuente, para valorar el suceso producido y las posibles consecuencias que pueda tener.
- Avisar a los Grupos de Respuesta de las operaciones necesarias a realizar en función de la emergencia decretada.
- Aplicar las medidas necesarias para proteger las vidas de las personas en peligro y, tras esto, de los bienes y del medioambiente.
- Realizar un seguimiento de la evolución del suceso.
- Decidir qué información relativa al suceso va a ser difundida a los medios de comunicación y las medidas que tiene que tomar la población, a través de la persona encargada de las relaciones públicas

Una vez realizadas estas actuaciones iniciales es necesario clasificar la situación de emergencia originada. “Se pueden clasificar en función de la gravedad de sus consecuencias (Categoría de Accidentes) y de los medios humanos y materiales requeridos para su control (Niveles de Emergencia)”. (Autoridad Portuaria de Santander, 2011)

CATEGORÍAS DE ACCIDENTES: En función del alcance y magnitud de los daños que se puedan producir, se definen tres categorías:

- CATEGORÍA 1: Se prevén daños materiales solamente en el establecimiento afectado, sin que afecte para anda al exterior de este.
- CATEGORÍA 2: Se prevén posibles víctimas y daños materiales en el establecimiento. En el exterior las consecuencias son daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- CATEGORÍA 3: Se prevén posibles víctimas, daños materiales graves y/o alteraciones graves del medio ambiente tanto en el interior como en el exterior de la instalación.

NIVELES DE EMERGENCIA: En función de los medios que tengan que ser movilizados (autoprotección, humanos y materiales) para enfrentar la situación de emergencia, se distinguen tres niveles:

- EMERGENCIA VERDE: Se activa cuando el suceso no alcanza una expansión geográfica alejada del punto de origen. Es decir, cuando no se aleja del Puerto. Además, el suceso puede ser controlado y neutralizado con los medios disponibles en la instalación o buque en la que se ha producido el suceso. El Centro de Operaciones dispondrá, además, lo siguiente:
 - Aviso y ubicación de los Grupos de Respuesta.
 - Traslado de los medios necesarios y de los Grupos de Respuesta al lugar correspondiente y su disposición bajo el mando del Coordinador de Operaciones. Se ha de tener en cuenta que la zona ha de acotarse, por lo que la ubicación de los efectivos de manera eficiente resulta de importancia.

- EMERGENCIA AZUL: Se activa cuando una zona amplia es afectada y “la situación de emergencia no puede ser neutralizada de inmediato con los medios propios de la zona [...] y se movilizan todos los medios adscritos al Plan y puede ser necesario recurrir a medios externos” (Autoridad Portuaria de Santander, 2011). Por lo tanto, se ha de determinar:
 - “La ubicación más efectiva de los recursos.
 - El control de la zona por parte de los Grupos de Orden y Control.
 - Avisos a la población e información a los medios.
 - Conexión permanente entre el Coordinador de Operaciones y el director del Plan para la toma de decisiones de mayor responsabilidad.
 - Evacuación de la zona afectada y cierre de las playas y zonas de costa afectadas.
 - Paralización de las actividades recreativas marinas.
 - Avisos a las distintas actividades portuarias” (López, 2016)
- EMERGENCIA ROJA: Se activa cuando “se superan los medios de autoprotección existentes en el puerto, requiriendo la activación de Planes de ámbito superior. En este caso se prevé que las consecuencias pueden llegar a superar los límites del recinto portuario” (Autoridad Portuaria de Santander, 2011). Por lo tanto, se han de realizar las siguientes actuaciones aparte de las descritas anteriormente:
 - Aviso de alerta al Plan Nacional.
 - Uso de todos los medios y recursos disponibles.
 - Cierre de todas las playas.
 - Paralización de las actividades náutico-deportivas.
 - Avisos de emergencia a la población y comunicación de la situación a los medios.

Una vez que se han realizado las actuaciones iniciales y se ha clasificado la situación de emergencia originada, es momento de realizar la evaluación y el establecimiento del Plan Operativo. Los siguientes puntos están basados en el Trabajo Fin de Máster de Javier Jerez Escolano, aunque aplicados al Puerto de San Vicente de la Barquera.

Lo primero que hay que hacer es analizar la información recibida y las medidas tomadas hasta el momento para poder realizar la actuación más conveniente. Se ha de tener en cuenta:

- La existencia de zonas sensibles y/o recursos importantes que estén amenazados por el suceso.
- Las características del producto derramado y su efecto sobre el ecosistema.
- Cuál es el resultado de las acciones realizadas hasta el momento
- Si la contaminación ha afectado a la costa, establecer las prioridades de limpieza.

Tras considerar las alternativas de actuación y evaluada la situación de emergencia, se ha de establecer el Plan Operativo en el que se debe incluir:

- La predicción de la posible trayectoria que vaya a describir el derrame.
- El establecimiento de un servicio de vigilancia de la evolución del derrame que verifique, o no, las predicciones y obtenga información complementaria.
- El establecimiento de los puntos de la costa que es prioritario proteger y los sistemas más adecuados para ello.
- La organización del Grupo de Apoyo Logístico para que las operaciones de limpieza funcionen lo más fluidamente posible.
- La selección de las rutas de acceso de los medios y equipos a la zona de operaciones.
- La selección de las rutas de salida de los productos y residuos recuperados hacia los puntos previstos para su almacenaje y/o eliminación.
- El establecimiento de la revisión del Plan Operativo de acuerdo con el progreso de las operaciones y con la información adicional que se ha recopilado.
- El mantenimiento de un control y registro diario de las operaciones realizadas, su resultado y el equipo utilizado.
- Los procedimientos de limpieza, mantenimiento y reparación de los equipos utilizados.
- Las previsiones del fin de las operaciones. Lo cual incluye el regreso del personal y del material a sus lugares de origen.

En el caso de que se produzca una situación de emergencia por un derrame de sustancia contaminante en las cercanías de las zonas sensibles se han de establecer las siguientes medidas:

- Establecer medidas de protección especial a las zonas calificadas de alta sensibilidad que puedan ser afectadas por el suceso. Como, por ejemplo: que las playas de uso público, las áreas con alto valor ecológico, las explotaciones pesqueras, las zonas de cultivos marinos, las colonias de aves o las fuentes industriales sensibles.
- “Tener muy en cuenta que en determinadas ocasiones no es posible proteger simultáneamente todas las zonas sensibles de una costa, por lo que se ha de poner especial cuidado en seleccionar como objetivos prioritarios aquellas áreas costeras con un mayor grado de sensibilidad.” (Escolano, 2015)

Cuando se vaya a realizar la protección de estas áreas sensibles, es recomendable tener en cuenta a los expertos conocedores de la zona con objeto de adoptar las medidas más adecuadas.

En el caso de que se llegue a requerir la limpieza de las costas porque el derrame las haya alcanzado, se ha de solicitar ayuda de las Autoridades Competentes (Plan Local o Plan Territorial). En este punto de la emergencia, se supone que la caracterización del derrame (magnitud y características de la sustancia) ya se ha realizado, por lo que resta conocer la extensión y la naturaleza de la costa afectada.

Cuando ya se conocen los datos mencionados anteriormente se procede a la limpieza de la costa, la cual se lleva a cabo en tres etapas:

1. Recuperación de la contaminación mayor y de la sustancia flotante.
2. Limpieza de la contaminación moderada y de los materiales costeros manchados.
3. Limpieza de las zonas ligeramente contaminadas.

Finalmente, una vez que la emergencia ha finalizado o simplemente algunos de los equipos del Grupo de Respuesta se están retirando, o intercambiándose por otros, se ha de realizar la descontaminación del material y del personal de forma controlada:

DESCONTAMINACIÓN DEL MATERIAL:

1. Seleccionar un área de descontaminación relativamente cerca de la zona de trabajo con el fin de evitar ensuciar las zonas limítrofes limpias con los materiales y los utensilios de almacenamiento y transporte.
2. Si es posible, escoger un área ligeramente inclinada o inclinarla utilizando maquinaria, creando una pequeña zanja en la parte baja que recoja los efluentes del lavado del material. La zanja, así como toda la zona de descontaminación, ha de ser totalmente impermeable para evitar infiltraciones en el terreno.

DESCONTAMINACIÓN DEL PERSONAL:

1. Se han de acondicionar, una zona de descontaminación que pueda agrupar en un mismo sitio los equipos y herramientas individuales ya descontaminadas y una segunda caseta en la que realicen las comidas y se encuentren las instalaciones sanitarias y de servicios. Además, debe haber un pasillo de acceso limpio de las instalaciones al exterior.
2. Los miembros de los Grupos de Respuesta que salgan de la zona de intervención han de pasar por la zona de descontaminación para evitar manchar con cualquier herramienta o utensilio las zonas limítrofes limpias. La descontaminación ha de realizarse en varias etapas para evitar la contaminación de los alrededores. Las etapas consisten en: la limpieza exterior del impermeable utilizado en la limpieza del derrame, la extracción del impermeable intentando no ensuciar el mono que se encuentra por debajo, la extracción del mono y, finalmente, una ducha con agua y jabón.

FIN DE LA CONTINGENCIA

El Fin de la Emergencia ha de ser declarado por el director del Plan de Contingencia a propuesta del Coordinador de Operaciones. Para realizar esta propuesta se han de cumplir una serie de condiciones.

- Los Grupos de Respuesta han finalizado su actuación. Esto significa varias cosas:
 - La causa de la contaminación se ha terminado y el vertido se encuentra confinado.
 - Se han finalizado las labores de descontaminación por parte de la instalación o empresa y las tareas de salvamento marítimo por parte de las embarcaciones.
 - Se han recuperado y/o gestionado los residuos generados durante la emergencia.
- Los afectados durante la emergencia han sido atendidos, han recibido asistencia médica y/o han sido evacuados a centros de asistencia.
- La zona afectada ha sido inspeccionada de modo que es seguro que la emergencia no vaya a dar lugar a otro suceso que pudiera ser motivo de una nueva emergencia.

En caso de que se haya producido la activación de Planes de ámbito superior, las condiciones básicas para declarar el fin de la contingencia de cada uno de los Planes son las siguientes:

- “La instalación o empresa afectada ha declarado el fin de la emergencia relativo al Plan Interior Marítimo (PIM) de la instalación.
- El Consejo de Dirección o el director del Plan ha decretado el fin de la emergencia relativo al PIM del Puerto.
- El responsable del Plan Territorial ha decretado el fin de la emergencia en la costa.
- El Director General de la Marina Mercante ha decretado el fin de la emergencia relativo al Plan Nacional” (Escolano, 2015)

PROCEDIMIENTO DE FIN DE LA EMERGENCIA

El Fin de la Emergencia puede ser propuesto por el Coordinador de Operaciones si los informes periódicos sobre la evolución del suceso reflejan que se han alcanzado las condiciones antes mencionadas.

No obstante, antes de comunicar al director del Plan esta propuesta, se ha de confirmar que las condiciones están cumplidas. Con el fin de confirmarlo, el Jefe de Servicio de la Policía Portuaria o el Servicio Marítimo de la Guardia Civil ha de acudir al lugar del suceso para evaluar la situación y comprobar que el foco emisor del derrame está controlado.

Tras realizar la confirmación de la situación, el Coordinador de Operaciones ha de notificar la propuesta al director del Plan y al Comité Técnico Asesor, a través del Centro de Operaciones. Una vez que el director acepta la propuesta, se declara el Fin de la Emergencia y se han de realizar las siguientes acciones:

- Por parte del director del Plan de Contingencia: enviar la resolución del Fin de la Emergencia al Centro de Operaciones y comunicárselo a la persona encargada de las relaciones públicas.
- Por parte del Centro de Operaciones: notificar el Fin de la Emergencia al Coordinador de Operaciones y a los Jefes de Grupo.
- Por parte del Coordinador de Operaciones: redacción del informe del Fin de la Emergencia y ordenar la retirada de los Grupos de Respuesta de las operaciones de control. Además, ha de organizar la limpieza y reparación de los equipos empleados.

Una vez que se han realizado las actuaciones para decretar el Fin de la Emergencia, y con el fin de minimizar los efectos del suceso sobre el medio ambiente y volver a la situación en la que se encontraba el Puerto antes del suceso, el Coordinador de Operaciones, a decisión del director del Plan, podrá realizar las siguientes tareas:

- “Coordinación de las operaciones de restauración del medio ambiente afectado y de limpieza de los medios materiales dañados en el Puerto.
- Recogida de los residuos flotantes que pudieran quedar en la zona afectada.

- Control de que las sustancias recuperadas se están almacenando en el lugar asignado como depósito temporal.
- Organización del transporte y la entrega de sustancias recuperadas a un gestor autorizado, así como del correcto tratamiento del resto de residuos recogidos.
- Designación de un Retén de Vigilancia que controle la posible reincidencia de la causa que provocó la contaminación marina en el Puerto.
- Reposición de los medios materiales que durante las labores de control de la contingencia hayan sufrido daños irreparables.” (Clari, 2016)

El Informe del Fin de la Emergencia que ha sido descrito anteriormente, ha de ser redactado por el Coordinador de Operaciones y entregado al director del Plan. Éste, a su vez, realizará copias de este para enviárselo a los organismos implicados.

~ GESTIÓN DE LOS RECURSOS ~

MEDIOS DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN

En el momento en que se ha realizado la evaluación de riesgos, es necesario tener una cantidad suficiente de medios disponibles para poder combatir esos riesgos. Los medios de lucha contra la contaminación se pueden clasificar en los medios de contención y retención, los de recogida, los de depósito y los equipos complementarios. En este apartado del trabajo se explican todos los distintos medios de lucha contra la contaminación existentes, aunque en el apartado de “Medios de protección ante un vertido de hidrocarburo” del desarrollo ya se han escogido aquellos más adecuados para el Puerto Deportivo de San Vicente de la Barquera.

MEDIOS DE CONTENCIÓN

Las barreras anticontaminación son los medios físicos necesarios para realizar las labores de contención, control, protección y recuperación de los hidrocarburos durante un derrame. Son elementos flotantes cuya función es evitar la dispersión de un derrame, alejarlo de zonas susceptibles de contaminación o concentrarlo en una zona para que se pueda recuperar utilizando medios mecánicos de recogida. Las barreras pueden ser de varias formas y tamaños, dependiendo de las condiciones en las que vaya a tener que trabajar, por ejemplo, en función del oleaje, en aguas interiores o en mar abierto, etc.

La clasificación de barreras que se presenta a continuación está basada en el Documento de Información Técnica 3 de ITOPF y representa las más comunes:

Tipo de barrera	Barrera de cortina		Barrera de valla	Barrera de sellado
Método de flotación	Inflable	Espuma maciza	Flotadores de espuma externos	Cámara superior inflable, cámaras inferiores rellenas de agua
Almacenamiento	Compacta al desinflar	Voluminosa	Voluminosa	Compacto al desinflar
Propiedad de seguimiento de las olas	Buena	Razonable	Deficiente	Buena
Colocación	Amarrada y remolcada	Amarrada	Amarrada	Amarrada
Facilidad de limpieza	Sencilla	Sencilla	Difícil/intermedia	Intermedia
Coste relativo	Alto	Intermedio/bajo	Bajo	Alto
Uso preferente	Costero o mar abierto	Aguas costeras protegidas	Aguas protegidas	Orillas intermareales protegidas

Ilustración 29: Tipos de barreras más comunes (International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2014)

A continuación, se exponen una clasificación de las barreras más comunes, sacada del proyecto de Javier Jerez Escolano, a usar en zonas de aguas protegidas o sin mucha agitación:

- **BARRERAS ABSORBENTES:** Se utilizan para la delimitación, retención y absorción de los derrames de hidrocarburos y sus derivados en aguas superficiales y suelos.
- **BARRERAS DE CERCO PLANO:** Es un tipo de barrera utilizada en aguas interiores y protegidas ya que no es efectiva a la hora de ser remolcada y realizar barridos. Es una barrera ligera y fácil de instalar cuya forma plana y rectangular de los flotadores permite almacenarla en un carretel.
- **BARRERAS DE CERCO CILÍNDRICO:** Son unas barreras ligeras, pensadas para su utilización en aguas tranquilas o poco agitadas. Dentro de esta clasificación, las barreras tipo cortina ofrecen un mejor resultado en aguas fuertes o al ser remolcadas debido a una mayor ratio flotabilidad/peso.
- **BARRERAS PERMANENTES:** Las ventajas de este tipo de barreras es que son muy robustas y duraderas. “Están constituidos por flotadores fabricados con

material de alta resistencia llenos de espuma de células cerradas que están conectados a la tela de la base con accesorios de acero inoxidable” (Escolano, 2015)

- BARRERAS HINCHABLES: La ventaja de estas barreras radica en que cuando no están en uso ocupan menos espacio, por lo que pueden ser transportadas con mayor facilidad hasta la zona del derrame. La flotabilidad de estas barreras, en relación con su peso, es superior y hace más eficiente el uso de esta barrera cuando hay olas.
- BARRERAS TIDAL: Estas barreras están pensadas para adaptarse a las mareas en aguas tranquilas, es decir, una parte de la barrera, que está llena con agua, se asienta sobre el suelo del margen de la costa y otra parte, llena de agua, flota por encima del agua.

MEDIOS DE RECOGIDA

Para realizar la recogida de hidrocarburos en un derrame se utilizan las máquinas denominadas skimmers, las cuales recolectan selectivamente los hidrocarburos y necesitan disponer de bombas hidráulicas adicionales para crear la aspiración y, en algunos casos, de grupos electrógenos para generar electricidad en los lugares a los que no llegue el suministro eléctrico.

El skimmer se suele emplear una vez que el derrame ha sido concentrado gracias a los medios de contención, de manera que se bombean los hidrocarburos recogidos hasta su almacenamiento. Existen numerosos tipos de skimmers por lo que se ha de tener en cuenta factores como el estado de la mar, las propiedades de los hidrocarburos derramados o la existencia de residuos:

Tabla 18: Tipos de Skimmer oleofílicas (International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2014)

Skimmer	Tasa de recolección	Hidrocarburos	Estado del mar	Desechos	Accesorios
Disco	Depende del número y del tamaño de los discos. Los discos ranurados son eficaces	Hidrocarburos intermedios	Poco oleaje y corrientes bajas, sin arrastre de agua.	Puede obstruirse con desechos	Unidad de potencia independiente, mangueras hidráulicas y de descarga, bomba y almacenamiento.
Cuerda oleofílica	Depende del número de cuerdas y de la velocidad. Bajo rendimiento	Hidrocarburos intermedios y pesados.	Sin arrastre de agua. Funciona en aguas agitadas	Tolera una cantidad importante de desechos	Solo las unidades grandes requieren accesorios
Tambor	Depende del número y del tamaño de los tambores. Los tambores ranurados son eficaces.	Hidrocarburos intermedios	Poco oleaje y corrientes bajas, sin arrastre de agua.	Puede obstruirse con desechos	Fuente de potencia independiente, manguera hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento
Cepillo	Depende del número de cepillos y de la velocidad. Rendimiento intermedio.	Diferente tamaño de cepillo para hidrocarburos ligeros, intermedios y pesados.	Depende del diseño, puede funcionar en aguas agitadas	Eficaz con desechos pequeños, aunque los grandes pueden obstruirla.	Fuente de potencia independiente, manguera hidráulica y de descarga, bomba y almacenamiento
Correa	Rango bajo a intermedio	Hidrocarburos intermedia y pesada.	Aguas agitadas	Eficaz con desechos pequeños, aunque los grandes pueden obstruirla	Accesorios para la descarga de una embarcación a tierra

Tabla 19: Tipos de Skimmer no oleofílicas (International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2014)

Skimmer	Tasa de recolección	Hidrocarburos	Estado del mar	Desechos	Accesorios
Succión/aspiración	Depende de la bomba de vacío. Rango intermedio-bajo.	Eficaz en hidrocarburos ligeros e intermedios.	Aguas en calma. Más selectivo si incorpora un vertedero	Puede obstruirse con desechos.	Son autónomos.
Vertedero	Depende de la capacidad de la bomba, los hidrocarburos... Puede ser considerable.	Eficaz en hidrocarburos ligeros y pesados.	Muy selectivo con aguas en calma.	Puede obstruirse con desechos grandes.	Bloque de alimentación, mangueras hidráulicas y de descarga, bomba y almacenamiento.
Correa	Rango bajo a intermedio	Eficaz en hidrocarburos pesados.	Funciona hasta en aguas agitadas.	Eficaz con desechos pequeños.	Solo las unidades grandes requieren accesorios
Tambor	Rango intermedio	Eficaz con hidrocarburos pesados.	Selectivo en aguas calmadas.	Puede obstruirse con desechos grandes.	Bloque de alimentación, mangueras hidráulicas y de descarga, bomba y almacenamiento.

Además de los skimmers, se pueden encontrar los absorbentes navales como uno de los medios más eficaces y económicos para controlar y recoger pequeños derrames de hidrocarburos en aguas tranquilas.

Estos materiales absorbentes están fabricados, normalmente, de fibras vegetales o sintéticas (polipropileno 99.5%) que poseen una gran capacidad de absorción pero que repelen el agua. Sus características son:

- Elevada capacidad de absorción.
- Reducido volumen, lo que baja los costes de almacenamiento.
- Son reutilizables, es decir, tras ser exprimidos y liberados de los hidrocarburos pueden volver a usarse.

- En caso de que no puedan volver a utilizarse, pueden ser incinerados. Los de materiales sintéticos dejan, aproximadamente un 0,02% de cenizas.
- No son inflamables.
- Los compuestos que forman los materiales absorbentes no producen impacto sobre el medio ambiente, ya que no se desprenden por acción del agua.

“Existen en el mercado barreras absorbentes de diferentes diámetros y longitudes que van provistas de conexiones rápidas para formar cercos de la longitud requerida, son idóneas para recoger pequeños derrames de hidrocarburos en aguas protegidas, evitando su extensión y la contaminación de zonas sensibles, tienen una alta flotabilidad incluso estando totalmente saturadas de hidrocarburos.” (C&C Medio Ambiente, 2013)

DEPÓSITOS

Una vez que se han separado los hidrocarburos del agua en la que estaban derramados, se han de depositar en la embarcación encargada de las operaciones de recogida o en tierra, en los contenedores aptos para su almacenamiento y posterior gestión. Estos hidrocarburos forman parte de los residuos que ha dejado el derrame y, tras su recogida, se ha de decidir si se recuperan o si se destruyen.

EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

Los equipos complementarios están formados principalmente por los Equipos de Protección Individual (EPI). Estos equipos son “cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.” (Ministerio de la presidencia, 1997)

Entre las prendas que incluyen los EPI se encuentran:

- La ropa de trabajo: guantes estancos de nitrilo o neopreno, botas impermeables, buzos o trajes para evitar salpicaduras (lo ideal es que fuesen estancos).
- La mascarilla contra vapores orgánicos.

- Las gafas panorámicas protectoras que deben ajustarse bien para evitar que los vapores puedan producir irritación ocular.

Estos elementos deben otorgar una protección eficaz frente a los riesgos que se puedan encontrar en su lugar de uso. Por lo tanto, han de adecuarse a las condiciones existentes en el lugar de trabajo y a las condiciones físicas del trabajador.

“La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección cuando proceda, y la reparación de los equipos de protección individual deberán efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante” (López, 2016)

El uso de los EPI está definido, teóricamente, por los usos para los que está previsto y por el tiempo para el que está pensada su utilización. El tiempo durante el que se considera que los Equipos de Protección pueden llevarse se determina en función de:

- La gravedad del riesgo.
- El tiempo de exposición al riesgo o la frecuencia con la que se expone al mismo.
- Las condiciones del puesto de trabajo.
- Las prestaciones del equipo.
- Los riesgos adicionales derivados de la utilización del equipo.

Es imprescindible que todo el personal, que pueda llegar a participar en las labores de lucha contra la contaminación, pueda disponer de un Equipo de Protección Individual. Además, se ha de tener un botiquín de primeros auxilios y una comunicación constante con el Centro de Operaciones.

MEDIOS DE UN PUERTO DEPORTIVO

“El material de lucha contra la contaminación disponible en el Puerto, estará bajo la custodia del personal de marinería asignado, que será el que disponga de ellos en todo momento para su uso operativo. El mantenimiento de estos medios materiales estará a cargo de los Marineros del Puerto y de las empresas suministradoras de los mismos.” (C&C Medio Ambiente, 2013) En la siguiente imagen se puede observar una relación pormenorizada de los medios de lucha contra la contaminación disponibles en el Puerto Deportivo del Club Náutico Mar Menor de los Alcazares, un puerto

deportivo de 282 atraques. Aunque los Puertos sean de dimensiones similares, el Puerto del presente trabajo se encuentra en una localización distinta y con unas condiciones distintas. Por esta razón, sí que se pueden utilizar los medios de la siguiente imagen como una ligera guía para saber qué materiales son los básicos a la hora de proteger un puerto, pero hasta que no se ha realizado el estudio del riesgo ambiental no se han sabido los medios de lucha contra la contaminación idóneos para el Puerto de San Vicente de la Barquera.

EQUIPO-MATERIAL	CANTIDADES
BARRERAS DE CONTENCION	POSIBILIDAD ALQUILAR OTRA BARRERA DE CONTENCION EN CASO NECESARIO Y EN MINIMO TIEMPO
ABSORBENTES	1 BARRERAS ABSORBENTES DE 18 metros BOLSA DE ABSORBENTE 200 PAÑOS ABSORBENTES DE 50 x 50 cm.:
EPI's	6 BUZOS 6 GUANTES 6 BOTAS 6 GAFAS 6 MASCARILLAS
SKIMMERS	POSIBILIDAD ALQUILAR SKIMMER ADECUADO EN CASO DE NECESIDAD Y EN EL MINIMO TIEMPO
TANQUE O DEPOSITO DE RESIDUOS	DEPOSITO DE RESIDUOS (Pequeña capacidad) (POSIBILIDAD ALQUILAR CONTENEDOR MAYOR CAPACIDAD AL GESTOR RESIDUOS EN CASO NECESARIO Y EN MINIMO TIEMPO)
UTILLAJE	1 ESCOBON 2 BICHEROS 1 GANAPAN 1 KIT DE BOLSAS DE RESIDUOS
EMBARCACIONES DE APOYO	1 EMBARCACIÓN CON MOTOR

Ilustración 30: Inventario de medios y recursos disponibles en el Puerto Deportivo de Los Alcazares.

MANTENIMIENTO DE LOS MEDIOS DE LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN

Los medios de lucha contra la contaminación han de ser responsabilidad de alguien, esta persona es la responsable de mantenimiento y debe encargarse de llevar a cabo las acciones necesarias para asegurar el correcto mantenimiento y almacenamiento de los medios asignados. Este responsable puede pertenecer tanto a la empresa propietaria del material o a la empresa especializada que suministra el material. El presente apartado trata sobre las acciones a realizar para conseguir un buen mantenimiento de los medios.

Cuando se produce un derrame de hidrocarburos, lo primordial es tomar las decisiones oportunas lo más rápidamente y, por ello, los equipos han de estar listos para desplegar los medios necesarios en cuanto sean requeridos. Enfocados a conseguir este objetivo, se han de tomar unas medidas previas a la hora de almacenar y mantener adecuadamente los materiales y el personal debe haber sido entrenado en su empleo.

A la hora de crear unas pautas para realizar un correcto almacenamiento y mantenimiento de cualquier tipo de materiales y medios, se ha de seguir lo indicado en los manuales de mantenimiento y reparación facilitados por el fabricante de los mismos. Por ejemplo, las barreras de contención vienen provistas con un kit de reparación.

Un correcto mantenimiento de los medios de lucha contra la contaminación debe consistir en la realización de inspecciones periódicas, pruebas de mantenimiento y reparaciones, en caso de que se lleguen a necesitar. El modo de realizar este mantenimiento puede ser contratando alguna empresa especializada o, si el puerto puede encargarse con sus propios medios, haciendo uso del personal y los recursos del propio puerto.

En caso de producirse un derrame de hidrocarburos, la manipulación de los medios de lucha contra la contaminación ha de llevarse a cabo solamente por el personal entrenado. El personal entrenado es el equipo de mantenimiento, el cual ha de

colocarse cerca de la zona de intervención, mientras que el oficial de mantenimiento debe asegurarse de que se encuentren disponibles los suministros de combustible, las herramientas y las piezas de recambio, y se encuentran presentes los técnicos especializados necesarios. Siguiendo con el ejemplo de las barreras de contención, los kits de reparación deben estar disponibles durante las actividades de contención y recogida para poder reparar lo más pronto posible cualquier avería. De esta manera se evitarán problemas derivados de las averías que pueden provocar la inutilización de alguna sección de la barrera.

ALMACENAMIENTO

En las revisiones a realizar del estado de los materiales, se deben examinar las condiciones de almacenamiento y el estado de los cerramientos del lugar en que se guarden. Siempre que sea posible, los materiales se han de almacenar en un lugar seco y bien ventilado. Si, además, se controlan las condiciones de temperatura y humedad son controladas, se prolongará la duración de los materiales. Estos también han de ser protegidos contra la exposición a los rayos UV y a la acción de las plagas.

El almacén en el que se guarden los materiales debe disponer de un espacio libre donde se puedan limpiar los materiales, tanto de sustancias contaminantes como de agua de mar, y donde realizar los trabajos de mantenimiento. Es muy importante que el almacén ofrezca un acceso sencillo y sin obstáculos a los materiales para poder realizar, sin mayores complicaciones, las labores de mantenimiento e inspección y para facilitar la entrada de vehículos de transporte que permitan el rápido despliegue de los materiales en caso de emergencia.

En el caso concreto de los skimmers, “sus unidades de potencia deben ser protegidas frente a cualquier daño mecánico, así como frente a la corrosión provocada por atmósferas húmedas salinas. [...] Los skimmers se almacenarán con una ventilación apropiada.” (Escolano, 2015)

MANTENIMIENTO

Durante las operaciones de respuesta ante un derrame de hidrocarburos, en especial las fases de contención y recogida, aparecerá la necesidad de realizar dos tipos de mantenimiento, el mantenimiento preventivo y la reparación de averías. Un mantenimiento preventivo eficiente y bien organizado ayuda a mantener el número de reparaciones de averías lo más bajo posible. Con este fin, los equipos deben ser utilizados tal y como lo indiquen los fabricantes de los materiales y dentro de los límites de capacidad recomendados por los mismos. La planificación, el registro y el seguimiento de las operaciones de mantenimiento realizadas se deben llevar a cabo mediante una ficha de mantenimiento. En ningún caso pueden pasar un intervalo de más de seis meses entre revisiones.

En los siguientes puntos se presenta un programa de mantenimiento de cada uno los medios de lucha contra la contaminación marina accidental presentes en el puerto:

- **BARRERAS DE CONTENCIÓN:** Las operaciones de mantenimiento se realizan con una periodicidad semestral.
 - Las barreras se han de desplegar en tierra y volver a plegar. Para evitar que las barreras siempre se doblen por los mismos puntos, se invierte el sentido de plegado. De esta manera las barreras no pierden resistencia.
 - Al realizar el despliegue de comprobación, se han de comprobar las partes metálicas, las conexiones, la grillería y las cadenas de lastre.
 - Si se da el caso de que las barreras están sucias, se debe realizar un lavado con agua dulce a presión, nunca a una temperatura superior a 60°C, y asegurarse de que están secas antes de volver a guardarlas.

En el momento que estas barreras se usen y se pretendan volver a guardar, se debe realizar un mantenimiento de las mismas. Este consiste en lavar con agua dulce las partes mecánicas, secarlas y tratarlas con pintura antióxido, y realizar la limpieza de la barrera propiamente dicha con agua caliente a presión. Es posible que el hidrocarburo adherido a las barreras sea muy denso o esté degradado, en ese caso se realiza un tratamiento previo de pulverización de gasoil u otro disolvente que

facilite la limpieza. Finalmente se han de tratar las aguas residuales generadas durante la limpieza.

- SKIMMERS: Las operaciones de mantenimiento se realizan con una periodicidad semestral.
 - Se deben realizar las operaciones específicas de mantenimiento facilitadas por el fabricante en función del tipo de skimmer.
 - De forma general se revisan todos los componentes estructurales y su funcionamiento. Además, se ha de examinar el depósito para el almacenamiento temporal de los residuos.
 - De forma mensual se arranca para comprobar su funcionamiento.
- ABSORBENTES: Las operaciones de mantenimiento se realizan con una periodicidad semestral.
 - Se revisa visualmente el buen estado de los medios y las condiciones en las que están siendo almacenados en busca de deficiencias.

Después del uso de medios absorbentes, puede que se puedan volver a utilizar, pero depende de las indicaciones del fabricante. En cualquier caso, hay que asegurarse de que no están llenos de hidrocarburos, es decir, pueden seguir realizando la función para la que han sido diseñados. Antes de almacenarlos es necesario secarlos al sol.

- DISPERSANTES: Las operaciones de mantenimiento se realizan con una periodicidad semestral
 - Se comprueba el estado de los envases y la fecha de caducidad de los productos ya que la eficacia de los dispersantes disminuye con el tiempo.
- DEPÓSITO DE RESIDUOS: Las operaciones de mantenimiento se realizan de manera anual.
 - Se comprueba el estado del depósito y las condiciones de almacenamiento.

PROGRAMA DE FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO

Tal y como dice el apartado k, del artículo 5, del Real Decreto 1695 de 2012, se habrá de realizar un “programa de adiestramiento y ejercicios periódicos de simulación de activación del plan, donde se establecerán tanto los cursos teóricos de formación del personal adscrito a la lucha contra la contaminación, como los distintos niveles de ejercicios prácticos a realizar y su periodicidad.” Esto es debido a que si las personas a cargo de los medios de lucha contra la contaminación y aquellas otras que tengan la responsabilidad de dirigir las operaciones no poseen los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para ello, el éxito de la lucha contra la contaminación será dudoso. Ya que, por muy bien preparados y organizados que tengamos los medios, si el personal no está entrenado para usarlos, la eficacia del Plan se verá muy limitada. Esta eficacia se sustenta en:

- La obtención de conocimiento de las personas involucradas en las misiones específicas que vayan a realizar
- El adiestramiento de las personas involucradas a través de la realización de ejercicios prácticos y simulacros.
- La actualización del propio Plan en función de los cambios o ampliaciones del mismo y de la experiencia que se obtenga de los ejercicios y simulacros realizados.

La implantación de un Plan de Contingencias adecuado está muy relacionada con la eficacia del mismo. Esta adecuación del Plan se basa en la formación y adiestramiento del personal y en la realización de simulacros. Con el fin de conseguir la funcionalidad del Plan en cualquier situación de emergencia, el Ministerio de Fomento, a través de la Orden FOM 555/2005, “establece los cursos de formación en materia de prevención y lucha contra la contaminación en las operaciones de carga, descarga y manipulación de hidrocarburos en el ámbito marino y portuario”, tal y como se explica a continuación.

- Nivel operativo básico: dirigido a los operarios y a los técnicos de formación profesional (Grupos de Respuesta).

- Nivel operativo avanzado: dirigido a Jefes de Grupo con formación universitaria de grado medio (Coordinador de Operaciones)
- Nivel superior de dirección: dirigido a Directivos con formación universitaria de grado superior (director de la emergencia y Comité Técnico Asesor)

En el siguiente apartado se explica la estructura de cada uno de los cursos de formación presentados, de acuerdo con lo expuesto en el Anexo de la Orden FOM 555/2005.

ESTRUCTURA DE LOS CURSOS DE FORMACIÓN

En este apartado se explica la “estructura y contenido de los cursos de capacitación y ejercicios prácticos para los operarios y personal técnico adscrito a operaciones de prevención y lucha contra la contaminación por hidrocarburos en puertos y terminales marítimos.” (Ministerio de Fomento, 2005).

La estructura de los cursos de formación está formada por:

- Módulo común: Trata sobre cuestiones básicas relacionadas con el comportamiento de los hidrocarburos en el mar, sus efectos sobre el ecosistema y los métodos para combatirlos
- Módulo específico: Trata sobre los contenidos específicos de cada nivel.
- Ejercicios prácticos.

Al ser el módulo específico el encargado de especializar al personal puede estar compuesto por unos módulos u otros, dependiendo del nivel de formación que se pretenda alcanzar. La Orden FOM 555/2005 dice lo siguiente con respecto a los diversos módulos con los contenidos específicos de cada nivel:

- En el Nivel Operativo Básico se trata de los sistemas de prevención, contención y recogida de derrames, el equipo necesario, mantenimiento y reparación de equipos; así como de prácticas con dichos equipos.
- En el Nivel Operativo Avanzado se trata, además de lo anterior, sobre las técnicas de dirección de los equipos humanos de respuesta y cuestiones logísticas.

- En el Nivel Superior de Dirección se desarrollará conceptos imprescindibles a todo directivo, la toma de decisiones, la formación y dirección de un gabinete de crisis y las técnicas relacionadas con la información y las relaciones públicas.

En la Orden FOM 555/2005 también se hace una recopilación de los contenidos mínimos de los programas de formación, divididos por Módulos y, dentro del módulo específico, por niveles:

MÓDULO COMÚN: tiene una duración mínima de 8 horas lectivas en las que se tiene que tratar, por lo menos, lo siguiente:

- Accidentes marítimos en el transporte de petróleo.
- Contaminación por hidrocarburos y sustancias químicas.
- Técnicas de lucha contra la contaminación por hidrocarburos.
- Técnicas de lucha contra la contaminación química.
- Evaluación de la contaminación en los puertos y en las costas.
- Técnicas de limpieza en puertos y costas.
- Protección de zonas sensibles.

NIVEL OPERATIVO BÁSICO: tiene una duración mínima de 8 horas lectivas en las que se ha de tratar, por lo menos, de los sistemas y técnicas de respuesta siguientes:

- Equipos de lucha contra la contaminación por hidrocarburos: cercos, barreras, skimmers, productos para combatir derrames de hidrocarburos, ventajas e inconvenientes.
- Criterios para la utilización de distintos medios y productos.
- Procedimientos de utilización.
- Limpieza y conservación de equipos.
- Precauciones básicas.
- Límites operativos y criterios de utilización de equipos en puertos y costas.
- Efectos de mareas y corrientes.
- Conexiones de barreras y utilización con los distintos tipos de skimmers.
- Sistemas de fondeo.
- Sistemas de interconexión de equipos.

- Nociones de gestión de residuos peligrosos.

NIVEL OPERATIVO AVANZADO: tiene una duración mínima de 16 horas lectivas y está compuesto por los siguientes módulos:

- Sistemas y técnicas de respuesta, en el que se engloban:
 - Equipos de lucha contra la contaminación por hidrocarburos: cercos, barreras, skimmers, productos para combatir derrames de hidrocarburos, ventajas e inconvenientes.
 - Criterios para la utilización de distintos medios y productos.
 - Procedimientos de utilización.
 - Limpieza y conservación de equipos.
 - Precauciones básicas.
 - Nociones de gestión de residuos peligrosos y de fichas de datos de seguridad.
- Organización y dirección de equipos humanos, en el que se engloban:
 - Clases de equipos humanos de respuesta y sus cometidos en una operación de lucha contra la contaminación.
 - Coordinación de operaciones.
 - Asignación de cometidos y distribución de turnos de trabajo.
 - Comunicaciones.
 - Partes operativos.
 - Cobertura logística.

NIVEL SUPERIOR DE DIRECCIÓN: tiene una duración mínima de 20 horas lectivas en las que se han de tratar los siguientes módulos:

- Organización y dirección de equipos humanos, en el que se engloban:
 - Clases de equipos humanos de respuesta y sus cometidos en una operación de lucha contra la contaminación.
 - Coordinación de operaciones.
 - Asignación de cometidos y distribución de turnos de trabajo.
 - Comunicaciones.
 - Partes operativos.

- Cobertura logística.
- Toma de decisiones, que engloba:
 - Organización y cometidos de un Consejo de Dirección.
 - Organización y cometidos de un Centro de Operaciones.
 - Organización y cometidos de un Comité Técnico Asesor.
 - Consideraciones ambientales, técnicas y logísticas en la toma de decisiones.
- Relaciones públicas y medios de comunicación, que engloba:
 - Consideraciones generales sobre la relación con los medios de comunicación.
 - Relaciones con las Administraciones Públicas competentes.
 - Elaboración de comunicados de operaciones.
 - Organización y desarrollo de ruedas de prensa.
- Implicaciones legales, que engloban.
 - Convenios internacionales y legislación relativa a sucesos de contaminación marina.
 - Implicaciones legales en la toma de decisiones.

Tras concretar el contenido de los distintos módulos de especialización, solo queda describir los ejercicios prácticos que se incluyen en la formación de lucha contra la contaminación. Estos periodos de prácticas tienen una duración mínima de 4 horas, que se añaden a la duración de la formación teórica y ponen a prueba los conocimientos adquiridos. Los ejercicios permiten al personal familiarizarse con las tareas propias de la lucha contra la contaminación marina, identificar y aumentar su nivel de coordinación y detectar los errores o posibles mejoras dentro del Plan. Consisten en una serie de ejercicios adaptados a cada nivel:

- Nivel Operativo Básico:
 - Despliegue, recogida y remolque de barreras y cercos.
 - Montaje de barreras deflectoras.
 - Sistemas de fondeo de barreras, según las condiciones meteorológicas, tanto de viento como de corrientes.

- Sistemas de fijación a los atraques mediante compensadores de mareas u otros sistemas alternativos.
- Despliegue de barreras en pantalanes y monoboyas.
- Sistemas de despliegue de barreras en dársenas abiertas, en la costa y en zonas de corriente.
- Uso de los distintos tipos de skimmers.
- Montaje y desmontaje de tanques portátiles.
- Manejo de los distintos tipos de bombas portátiles.
- Aplicación de productos tensoactivos y material absorbente.
- Recogida de residuos, clasificación y almacenamiento.
- Construcción de almacenamientos temporales de residuos.
- Técnicas de limpieza y mantenimiento de equipos.
- Nivel Operativo Avanzado:
 - Resolución de distintos supuestos de formación de equipos de respuesta, establecimiento de turnos de trabajo y apoyo logístico.
- Nivel Superior de Dirección:
 - Resolución de distintos casos mediante la formación de “Gabinetes de crisis”.
 - Seguimiento de resultados.
 - Toma de decisiones.
 - Redacción de comunicados.
 - Celebración de una rueda de prensa simulada.

El entrenamiento se debe realizar a intervalos regulares de tiempo y se asegurará de la participación de todos los grupos implicados en el Plan de Contingencia, con el fin de conseguir su familiarización con los equipos y técnicas de lucha contra la contaminación.

Después de poder apreciar la complejidad de las operaciones de lucha contra la contaminación, y la formación requerida a tal efecto, es recomendable que tanto los Grupos de Respuesta, como el director de la emergencia y el Comité Técnico Asesor, estén en posesión del curso homologado de Nivel Operativo Avanzado con el fin de afrontar una situación de emergencia con las mayores posibilidades de éxito.

En el Plan Interior Marítimo de Contingencia por Contaminación Marina Accidental del Puerto Deportivo del Club Náutico Mar Menor de los Alcázares. Se puede encontrar un ejemplo de planificación de los ejercicios:

TIPO DE EJERCICIO	PERIODICIDAD	PARTICIPANTES	TIEMPO
T-1 TEÓRICO EMERGENCIAS	TRIMESTRAL	Personal del Plan	2 HORAS
P-1 PRÁCTICO EMERGENCIAS	TRIMESTRAL	Personal del Plan	3 HORAS
P-2 PRÁCTICO SIMULACRO DE EMERGENCIA.	ANUAL	Todo el personal del Plan	4 HORAS

Ilustración 31: Planificación de ejercicios (C&C Medio Ambiente, 2013)

Tal y como se puede ver en la ilustración, existen tres tipos de ejercicios, los cuales se explican a continuación.

- **TEORÍA DE EMERGENCIAS:** Consiste en una charla, con una duración mínima de dos horas, en las que se prepara al personal, que va a intervenir en el Plan, para controlar emergencias o contingencias medioambientales leves con los medios de lucha contra la contaminación del propio puerto.
- **PRÁCTICA DE EMERGENCIAS:** Es un ejercicio práctico, de al menos tres horas de duración, con el que se pretende que el personal que intervenga en el Plan adquiera la destreza suficiente en el manejo de los medios de lucha contra la contaminación del propio puerto, además de otros fines. Entre estos fines, este ejercicio pretende comprobar:
 - La correcta coordinación de las operaciones.
 - La organización y comportamiento del personal.
 - La dirección del grupo de acción.
 - El desarrollo y la mejora de los procedimientos del Plan.
 - El grado de operatividad del material de lucha contra la contaminación.

- SIMULACRO DE EMERGENCIA: Es un ejercicio práctico, con una duración mínima de cuatro horas, en el que participa el total de las personas que intervienen en el Plan. Estos ejercicios prácticos pretenden entrenar al personal que interviene en la emergencia para observar las deficiencias o errores existentes tanto del personal actuante como del propio material. Está pensado para mejorar o hacer más efectivo el Plan de Contingencias.

SIMULACRO DE EMERGENCIA

El simulacro consiste en crear (simular) una situación lo más cercana posible a un caso de emergencia real. Debido a esto, el personal no tiene que saber ni el día ni la hora del simulacro, este tipo de ejercicios prácticos se suelen llevar a cabo anualmente. Estos datos son decididos por el director del Plan, quien está obligado a informar a las organizaciones pertinentes de que se va a realizar el simulacro. Las organizaciones que tiene que ser avisadas son:

- Capitanía Marítima de Santander.
- Ayuntamiento de San Vicente de la Barquera.
- Guardia Civil de San Vicente de la Barquera.
- Dirección General de Protección Civil.
- Dirección General de Transportes y Comunicaciones
- Delegación del Gobierno.

Además de avisar a las organizaciones anteriores, es conveniente pedir a Salvamento Marítimo que colabora en la realización del simulacro.

Una vez que el simulacro ya se ha realizado, se han de analizar los resultados de la experiencia. Este análisis no es exclusivo de la dirección de la emergencia, sino que los resultados se han de comentar con el personal que ha participado. Con ello se pretende detectar las deficiencias y errores del personal y de los medios disponibles, transmitírselos al personal actuador y aplicarles medidas correctoras que solventen las deficiencias.

El análisis final del simulacro lo ha de realizar el director del Plan, redactando un informe que plasme los resultados del mismo. Este informe se ha de enviar “a los

órganos competentes, señalando las incidencias, los tiempos reales obtenidos y las causas que hayan podido obstaculizar el desarrollo del Plan.” (C&C Medio Ambiente, 2013) En el informe se han de incluir, por lo menos, los siguientes puntos, de acuerdo con el “Informe del simulacro de emergencia medioambiental realizado en el Puerto Deportivo del C.N. Los Alcázares”:

- El seguimiento del Plan Interior de Contingencias, en líneas generales.
- La coordinación entre la Dirección y los Grupos de Respuesta. En caso de ser insatisfactoria es necesario indicar las causas que lo han provocado.
- El tiempo real que se empleó en contener el derrame.
- La valoración general del comportamiento del personal en una situación de emergencia.
- La valoración del seguimiento de las instrucciones de los Jefes de los Grupos de Respuesta.
- La eficiencia de los procedimientos de notificación de la alarma y los protocolos de comunicación.
- La valoración de los procedimientos de actuación.
- Los problemas que obstaculizaron el desarrollo de las operaciones de contención.
- Los incidentes no previstos, como accidentes del personal, deterioro del material, altercados, etc.
- Las conclusiones, en las que se han de incluir las lecciones aprendidas durante el ejercicio y la posibilidad de incorporarlas al Plan para mejorar su eficacia.

En el caso de que se produzca una emergencia real en el puerto, se siguen los mismos pasos que durante el simulacro, ya que se ha entrenado para ello. Se han de investigar las causas que lo produjeron, así como su origen, propagación y consecuencias, se analiza el comportamiento del personal y de los medios y se adoptan las medidas correctoras necesarias. El informe final que se ha de redactar debe recoger todos los datos de la investigación para informar de ellos al órgano competente.

DIFUSIÓN DEL PLAN

El Plan de Contingencias ha de ser conocido por todo el personal, sin excepción. Esta es la condición principal para poder implantar el Plan a nivel operativo. Cada individuo debe hacerse responsable de familiarizarse con las misiones que tenga asignadas en el mismo. Debido a esto, dos veces al año se deben programar sesiones de difusión en las que se revisa el módulo común y, además, se distribuye la documentación en la que se informa de los medios de autoprotección a tener en cuenta durante una emergencia.

El personal también ha de acudir a una sesión de formación inicial y, tras esto, a una sesión anual sobre la formación específica de cada grupo. En estas sesiones se han de tratar los siguientes temas:

- La sensibilización ante la actuación en la lucha contra la contaminación marina.
- El ámbito de aplicación del Plan Interior.
- Los Niveles de Respuesta o Gravedad.
- La organización de actuación ante la lucha contra la contaminación marina.
- Procedimiento de activación y de actuación del Plan para todo el personal implicado.
- Los medios materiales de lucha contra la contaminación.
- Las comunicaciones de alarma (notificación y avisos generales)

REVISIÓN DEL PLAN

El Plan Interior de Contingencias ha de ser revisado con cierta frecuencia. Para realizar esta revisión, debe existir una persona o un grupo que se encargue de hacerlo. Esta persona o personas forman la Comisión de Revisión del Plan.

La Comisión de Revisión tiene que estar formada por el director del Puerto de San Vicente de la Barquera y otras personas que sean elegidas por él mismo.

Las tareas de esta Comisión consisten en revisar las actuaciones realizadas según el Plan Interior de Contingencias, tanto ejercicios prácticos, como simulacros o situaciones reales y realizar el seguimiento de los resultados obtenidos con el fin de mejorar el Plan establecido.

“Cada dos años, por lo menos, se ha de realizar un seguimiento de la aplicación práctica del Plan, [...], analizando y evaluando los informes sobre contingencias reales y simulacros de contaminación marina llevados a cabo en las instalaciones portuarias hasta la fecha.” (Clari, 2016)

Utilizando los resultados obtenidos, y todos los datos que ayuden en la toma de decisiones, la Comisión ha de realizar una revisión completa del Plan cada, como mucho, cinco años. Además, “el Plan de Contingencias ha de ser revisado y actualizado cuando se den alguna de las condiciones siguientes:

- Incorporación de nuevas instalaciones o actividades que puedan inducir contaminación marina.
- Actualizaciones de los Planes de Contingencias de las instalaciones que afecten al Puerto.
- Necesidades de ajustes del Plan de Contingencias, percibidas en los simulacros o incidentes reales.
- Incorporación de nuevos riesgos derivados de la admisión, manipulación, almacenamiento o trasiego de hidrocarburos o mercancías que puedan tener incidencia en el medio ambiente marina distintas a las inicialmente consideradas.
- Cambios en la organización de la administración portuaria.

- Cambios en los análisis de riesgos e inventario de medios materiales de las instalaciones o actividades afectadas.
- Cuando sean necesarias modificaciones en este Plan para su correcta integración con Planes de ámbito superior.
- Cambios en la legislación vigente.
- Incorporación de nuevos modelos de comportamiento de contaminante en el agua que determinan cambios sustanciales en las medidas a adoptar en los planes existentes.” (López, 2016)
- En cualquier caso, cada cuatro años.

CONCLUSIONES

Tras la realización del presente trabajo he podido apreciar la complejidad que conlleva el diseño de un Plan de Contingencia ante un vertido de hidrocarburos. No solamente el Plan en sí, sino los múltiples factores que hay que tener en cuenta a la hora de diseñarlo, desde características climáticas, medioambientales y geográficas hasta administrativas, económicas y sociales.

La conclusión a la que he llegado ha sido la comprobación de la premisa inicial de que lo más importante a la hora de combatir un vertido de hidrocarburos es la organización necesaria para ello. Con un Plan de Contingencia bien organizado, que especifique las labores de todas las partes, la jerarquía y la comunicación entre los distintos grupos se puede mejorar enormemente la eficacia de las acciones tomadas para enfrentar el vertido. Esto ayuda a que se reduzcan los tiempos de toma de decisiones y el acceso a los medios humanos y materiales necesarios. Si, además, se añade una buena planificación y aprovechamiento de los ejercicios de adiestramiento, se puede afirmar con seguridad que un posible vertido de hidrocarburos será controlado y subsanado de la manera más rápida y eficiente posible.

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. 2008. Análisis y evaluación de riesgo ambiental. 12 de Marzo de 2008.

Autoridad Portuaria de Santander. 2011. Resumen del Plan de Emergencia Interior del Puerto de Santander. Santander, España : s.n., 23 de Marzo de 2011.

C&C Medio Ambiente. 2013. Plan Interior de Contingencia por Contaminación Marina Accidental del Puerto Deportivo del Club Náutico Mar Menor de los Alcázares. Los Alcázares, Murcia, España : s.n., Julio de 2013.

Centro de Estudios Territoriales Y Medio Ambientales. Red Natura 2000 Cantabria. [Guía] Astillero : Gobierno de Cantabria.

Chaveli, Jesús Miguel Oria. 2014. *Memoria para la obtención del título de Oficial de Máquinas de Segunda Clase.* Santander : Universidad de Cantabria, 2014.

Clari, Simó Ferrando. 2016. Plan de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en el Puerto de Castellón - Dársena Sur, Comunidad Valenciana. Valencia, España : s.n., Septiembre de 2016.

Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad. Red de espacios naturales protegidos. [En línea] Gobierno de Cantabria.
<http://www.imaginatejuegos.com/clientes/bioestrategia/cantabria/>. Accedido entre Octubre y Diciembre de 2018.

Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria. 2012. Directiva Marco del Agua Cantabria. *Ríos Costa Oeste.* [En línea] 2012.
<http://dmacantabria.cantabria.es/visorWeb/ficha.html?idficha=6>. Accedido entre Octubre y Diciembre de 2018.

Escolano, Javier Jerez. 2015. Plan Interior de Contingencias por Contaminación Marina Accidental. *Trabajo Fin de Master.* s.l. : Universidad Miguel Hernandez de Elche., Junio de 2015.

—. **2015.** Plan Interior de Contingencias por Contaminación Marina Accidental. Elche, España : s.n., Junio de 2015.

Gobierno de Cantabria. Cantabria 102 Municipios. [En línea] El Diario Montañés. [Citado el: 10 de Abril de 2018.]
http://www.cantabria102municipios.com/occidente/san_vicente_barquera/historia.htm. Accedido entre Septiembre y Noviembre de 2018.

—. **2010.** *Declaración de impacto ambiental.* San Vicente de la Barquera : Dirección General de Medio Ambiente, 2010.

—. **2014.** Puertos de Cantabria. [En línea] Dirección General de Obras Públicas., 2014.
<http://www.puertosdecantabria.es/puertos/san-vicente-barquera/resena>. Accedido entre Septiembre y Diciembre de 2018. Accedido entre Agosto y Noviembre de 2018.

IMO. 2005. *Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos, Parte 4.* 2005.

INFORMA D&B S.A.U. 2017. INFORMA. *Directorio de empresas.* [En línea] 2017.
https://www.informa.es/directorio-empresas/A003_PESCA-ACUICULTURA/Localidad_SAN-VICENTE-BARQUERA-CANTABRIA.html. Accedido entre Septiembre y Noviembre de 2018.

International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). 2014. *Uso de skimmers en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos. Documento de información técnica 5.* 2014. Técnico.

Jefatura del Estado. 1992. *De Puertos del Estado y de la Marina Mercante.* 1992.

López, Marta Marco. 2016. Plan de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en el Puerto de Castellón -Dársena interior y comercial-deportiva. Valencia, España : s.n., Septiembre de 2016.

—. **2016.** Plan de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en el Puerto de Castellón. Dársena interior y comercial-deportiva. Valencia, Comunidad Valenciana, España : s.n., Septiembre de 2016.

Meteoblue. Meteoblue. *weather close to you.* [En línea]
www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/san-vicente-de-la-barquera_espa%C3%B1a_3109450. Accedido entre Octubre y Diciembre de 2018

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2018. Confederación Hidrográfica del Cantábrico. [En línea] Gobierno de España, 2018.
<https://www.chcantabrico.es/rios/escudo?redirect=%2Frios-dhc-occidental>. Accedido entre Septiembre y Diciembre de 2018.

—. mapama.gob.es. [En línea] Gobierno de España.
<http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/>. Accedido entre Septiembre y Diciembre de 2018.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014. Orden AAA/702/2014. 28 de Abril de 2014.

Ministerio de Fomento. 2005. Orden FOM 555/2005. 2 de Marzo de 2005.

—. **2011.** Real Decreto Legislativo 2/2011. *Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.* 20 de Octubre de 2011.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2006. Real Decreto 61/2006. *Legislación consolidada.* 31 de Enero de 2006.

Ministerio de la Presidencia. 2012. Real Decreto 1695/2012. 21 de Diciembre de 2012.

Ministerio de la presidencia. 1997. Real Decreto 773/1997. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.* 30 de Mayo de 1997.

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 2011. Real Decreto 60/2011. 21 de Enero de 2011.

Naturix Acuiculture S.L. 2006. Naturix. [En línea] 2006. <https://www.naturix.es/>. Accedido entre Agosto y Noviembre de 2018.

Nelson Hernandez. Fundación NUESTROMAR. 2011. www.nuestromar.org. [En línea] 05 de 03 de 2011.
http://www.nuestromar.com/noticias/politica_y_economia/08_03_2011/35954_movimiento_maritimo_del_petroleo. Accedido entre Marzo y Julio de 2018.

Océana. 2004. Oceana. *Protecting the World's Oceans*. [En línea] Junio de 2004.
http://eu.oceana.org/sites/default/files/reports/oceans_in_danger.pdf. Accedido entre Abril y Agosto de 2018.

Presidente de la Comunidad Autónoma de Cantabria. 2013. *Conservación de la Naturaleza de Cantabria*. 2013.

Puertos del Estado. 2013. *ROM 5.1-13*. Madrid : Gobierno de España. Ministerio de Fomento, 2013. 978-84-88975-81-2.

Repsol. 2013. *Repsol Diesel e+ Neotech*. 2013.

—. **2011.** Repsol Mar. *Combustible para embarcaciones*. [En línea] 2011.
<https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/gasoleos-y-fueloleos/suministro-a-buques/repsol-mar/index.cshtml>. Accedido entre Septiembre y Diciembre de 2018.

—. **2012.** Repsol mar: Diesel marino para embarcaciones. [En línea] 2012.
<https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/gasoleos-y-fueloleos/suministro-a-buques/repsol-mar/index.cshtml>. Accedido entre Septiembre y Diciembre de 2018.

Rodríguez, José María Silos. 2008. *Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos*. Cádiz : Universidad de Cádiz, 2008. 978-84-9828-156-9.

Rodríguez, Lorena de Arriba. 2012. Proyecto del Puerto de San Vicente de la Barquera. Santander : Universidad de Cantabria, 2012.

~ ANEXO ~

A continuación, se exponen las gráficas resultantes de la evolución de los hidrocarburos vertidos al introducir distintas condiciones en las que podría producirse dicho vertido. Se tienen en cuenta cuatro casos distintos, cada uno con sus condiciones particulares, para cada hidrocarburo considerado.

Las gráficas se exponen de tal manera que se pueda comparar la evolución de los dos tipos de hidrocarburo para cada caso:

- Caso 1: Viento Sur de 3 m/s, temperatura del agua de 12°C, en fecha de 25 de febrero.
- Caso 2: Viento Oeste de 3 m/s, temperatura del agua de 14°C, en fecha de 7 de mayo.
- Caso 3: Viento Oeste de 3 m/s, temperatura del agua de 21°C, en fecha de 14 de agosto.
- Caso 4: Viento Oeste-noroeste de 3 m/s, temperatura del agua 16°C, en fecha 1 de noviembre.

En las siguientes ilustraciones se muestran las gráficas relacionadas con la densidad, la viscosidad y cuánto se ha visto reducido el vertido. Sin embargo, esta reducción del vertido se muestra -solo en el caso 1- por triplicado para que se pueda observar los distintos enfoques que ofrece el programa. Así, la reducción del vertido se puede manifestar a través de cuántos hidrocarburos han desaparecido de la superficie del vertido, cuánto se ha evaporado y cuánto hidrocarburo queda.

En los demás casos se muestran solamente las gráficas de la evolución de la densidad, de la viscosidad y de la cantidad de hidrocarburo evaporado y cuánto hidrocarburo queda.

CASO 1

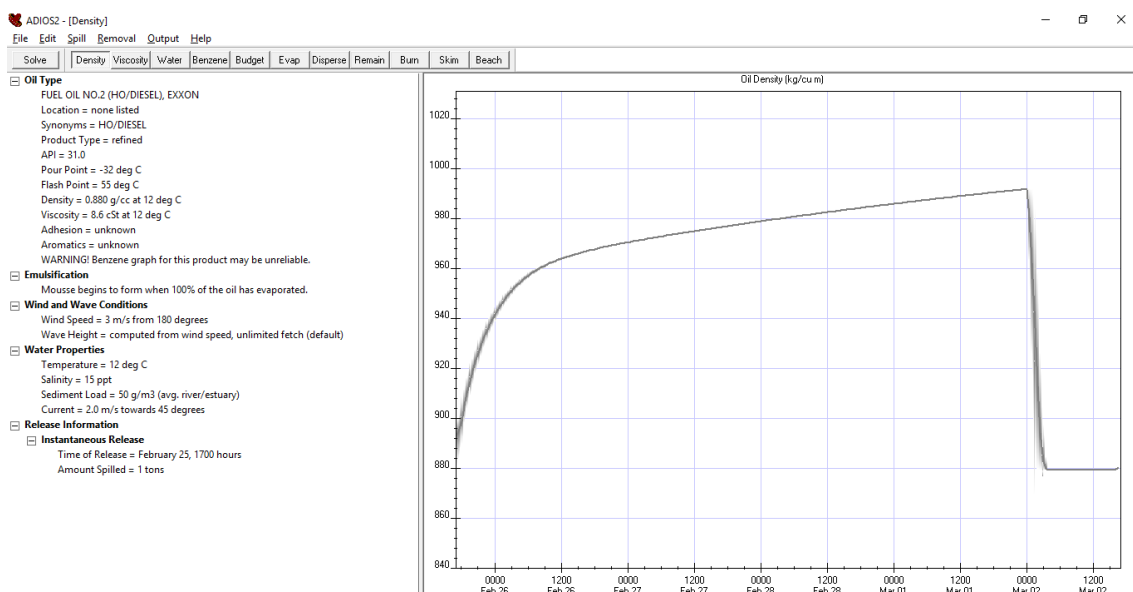


Ilustración 33: Evolución de la densidad en Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) Fuente: el autor

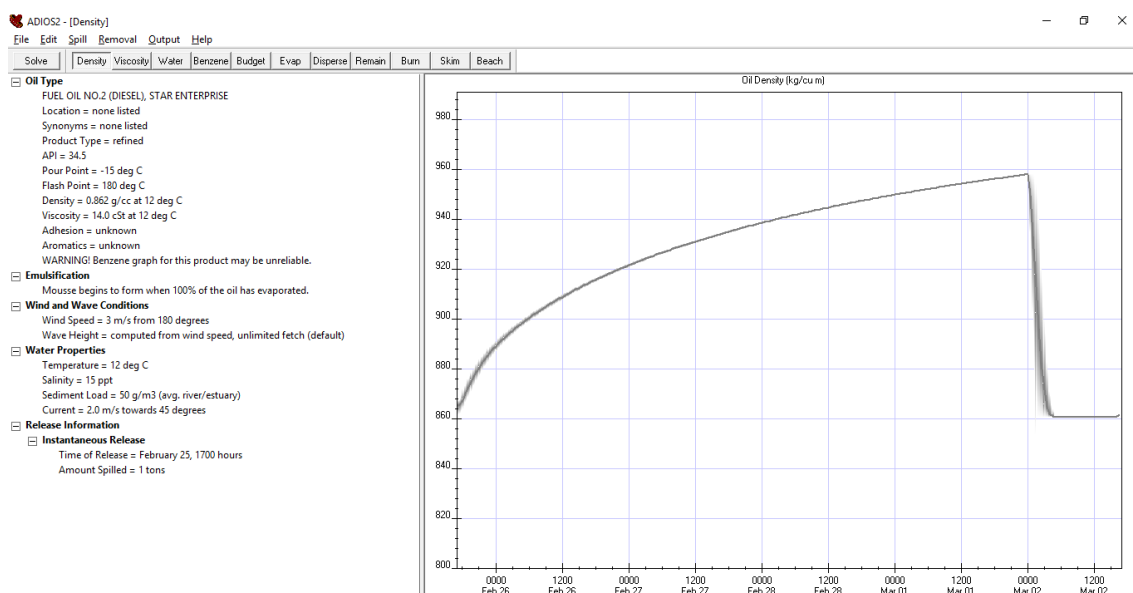


Ilustración 32: Evolución de la densidad en Fuel Oil n°2 (Diesel) Fuente: el autor

Como se puede apreciar, la forma de ambas gráficas es similar. Esto es debido a que los dos compuestos pierden paulatinamente sus componentes volátiles mientras dura el proceso de meteorización, de forma más pronunciada al principio y más lentamente al final.

Sin embargo, al ser el Fuel Oil n°2 (Diesel) el hidrocarburo más ligero, sus componentes volátiles se evaporan más constantemente que los del Fuel Oil n°2 (HO/Diesel), los cuales se evaporan en su mayoría en las primeras 12 horas.

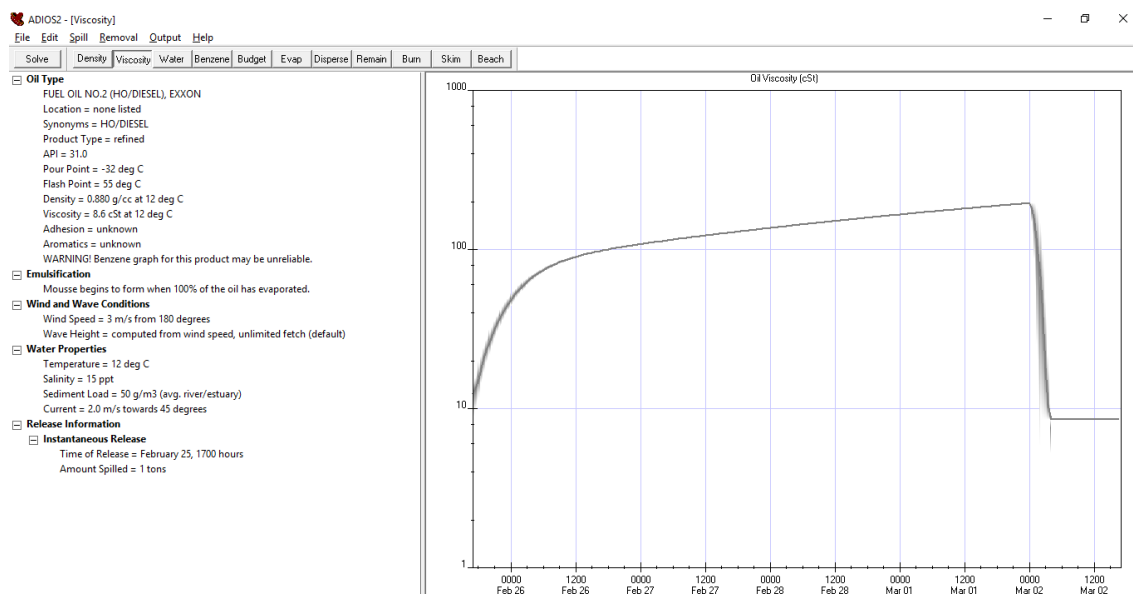


Ilustración 35: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) Fuente: el autor

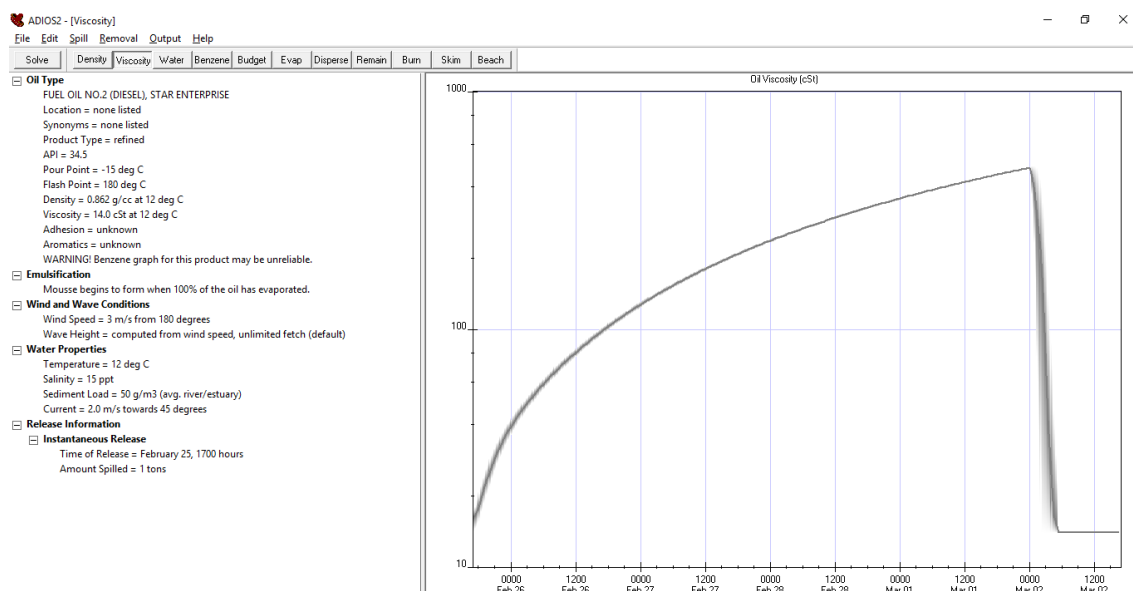


Ilustración 34: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

En el Fuel Oil nº2 (Ho/Diesel) la viscosidad aumenta de semejante manera debido a que los componentes volátiles del hidrocarburo se evaporan casi por completo en las primeras 24 horas. Mientras que en el caso del Fuel Oil nº2 (Diesel), al evaporarse los componentes volátiles de manera más continuada, la evolución de la viscosidad es mucho más constante.

A mismas condiciones, el Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) es menos viscoso que el Fuel Oil nº2 (Diesel), a pesar de que este último es un hidrocarburo más ligero.

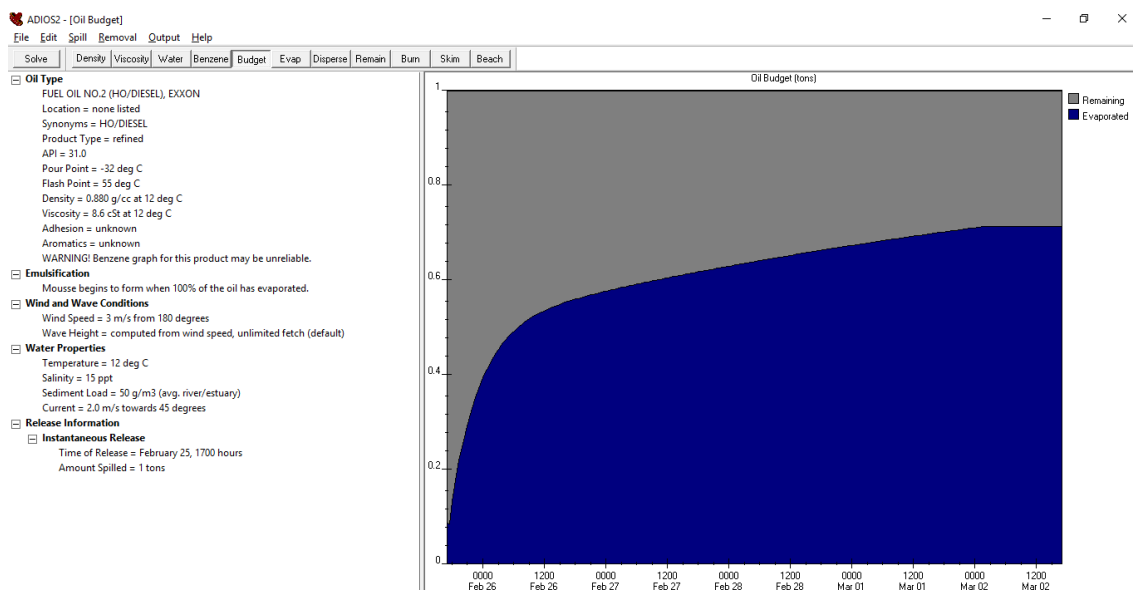


Ilustración 37: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) remanente. Fuente: el autor

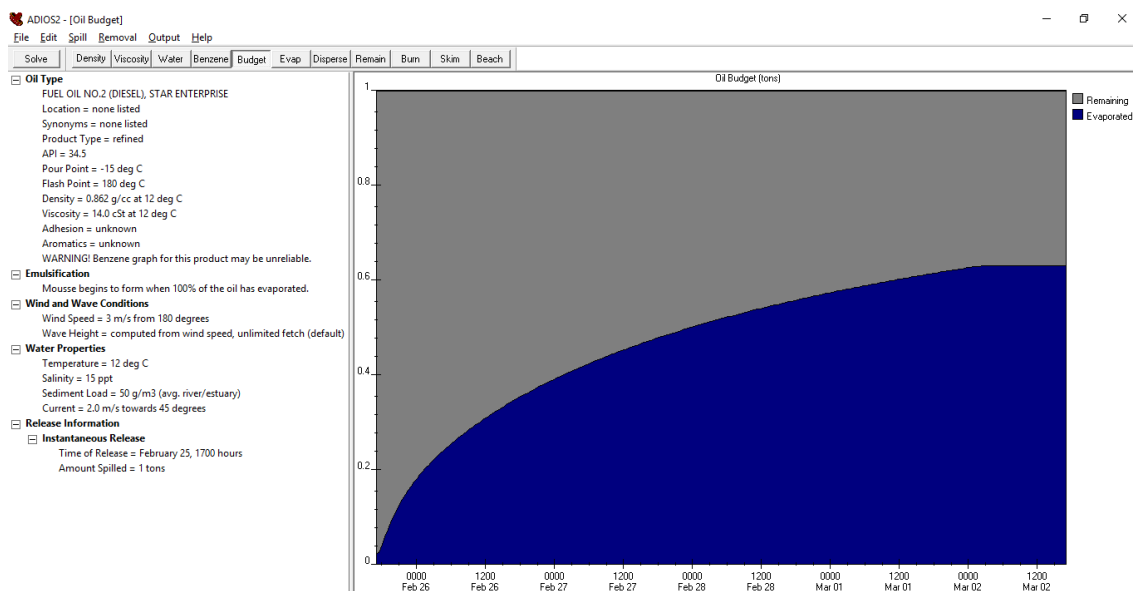


Ilustración 36: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (Diesel) remanente. Fuente: el autor

En estas gráficas se puede apreciar la cantidad de hidrocarburo que aún no se ha evaporado tras varios días de meteorización.

Del Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) queda aproximadamente el 30%, mientras que del Fuel Oil n°2 (Diesel) un 40%. Estos valores no van a reducirse más debido a que los hidrocarburos que quedan no son lo suficientemente volátiles como para evaporarse.

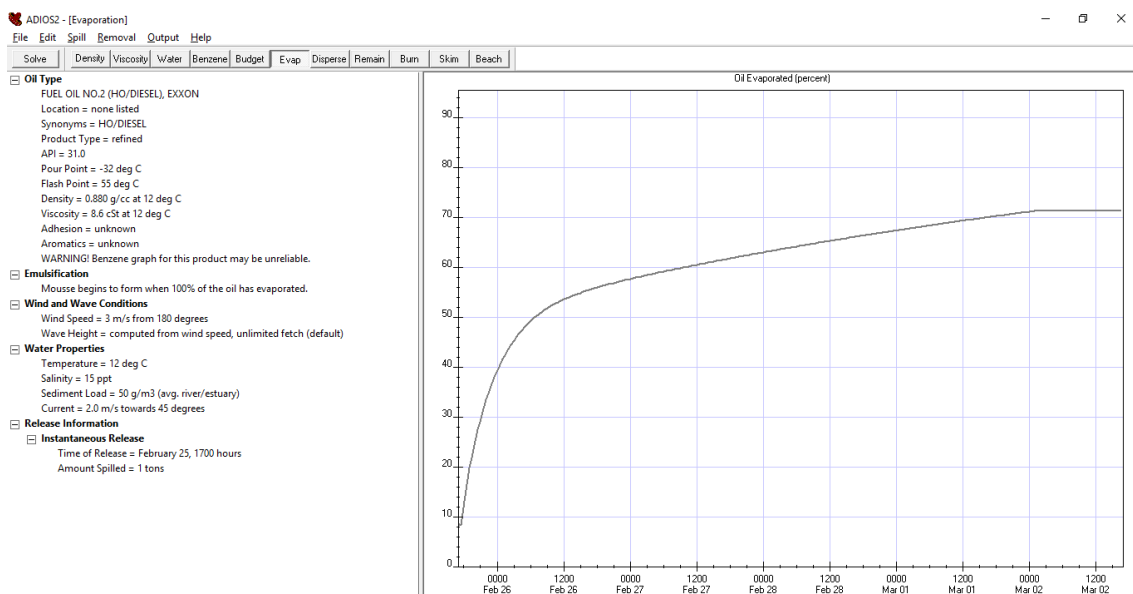


Ilustración 39: Evolución de la cantidad de Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) evaporada. Fuente: el autor

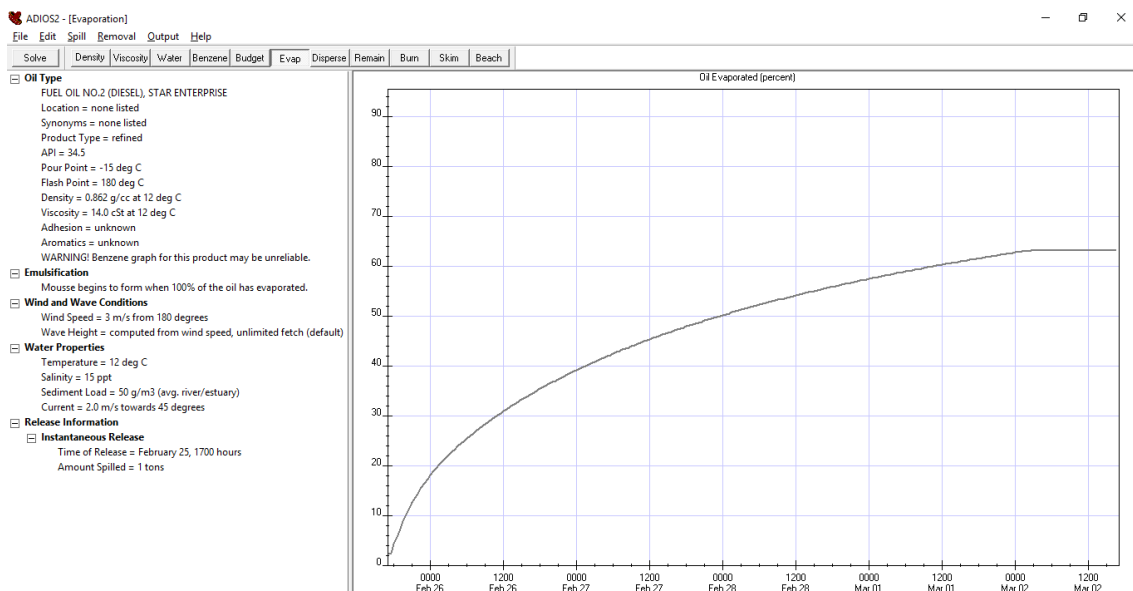
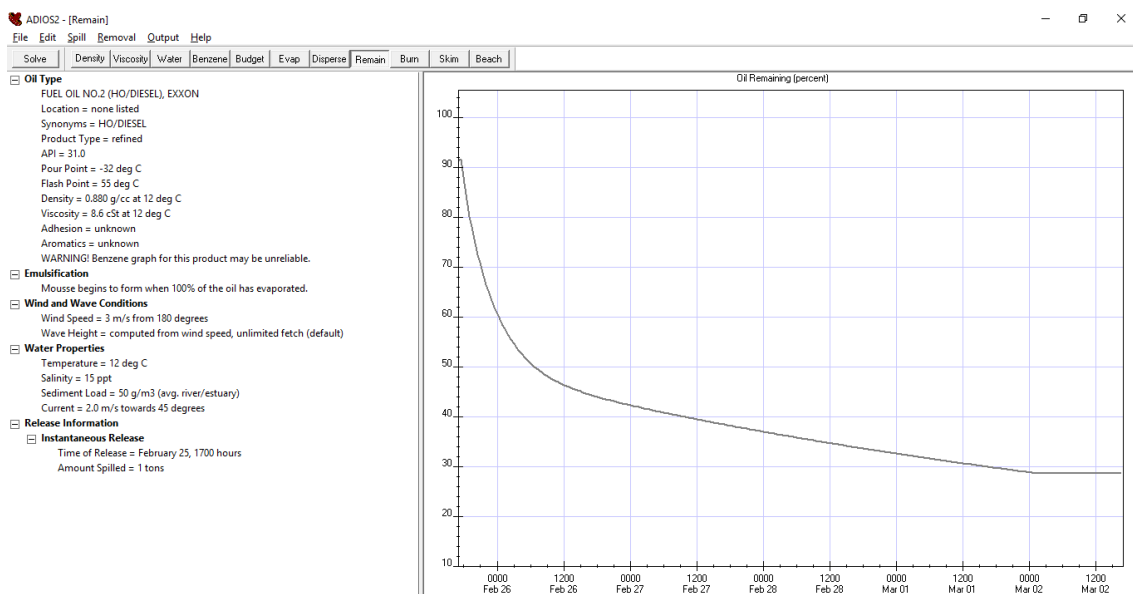


Ilustración 38: Evolución de la cantidad de Fuel Oil nº2 (Diesel) evaporada. Fuente: el autor

Semejantes a las ilustraciones 5 y 6, en estas gráficas se representa la cantidad de hidrocarburos evaporados a lo largo de varios días, hasta que se estabiliza el proceso de evaporación.

El 72% del Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) ha sido evaporado, mientras que del Fuel Oil nº2 (Diesel) se ha evaporado un 64%. Además, del primero se ha evaporado más del 50% en algo más de 12 horas, cuando, para el mismo periodo, se ha evaporado un 30% del Fuel Oil nº2 (Diesel).



CASO 2

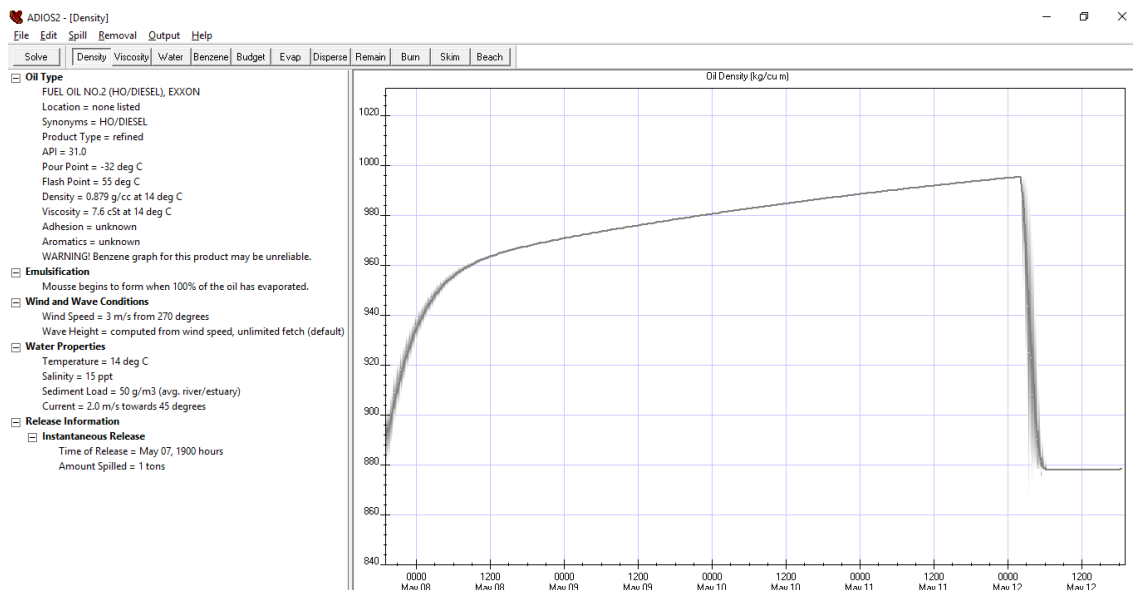


Ilustración 43: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

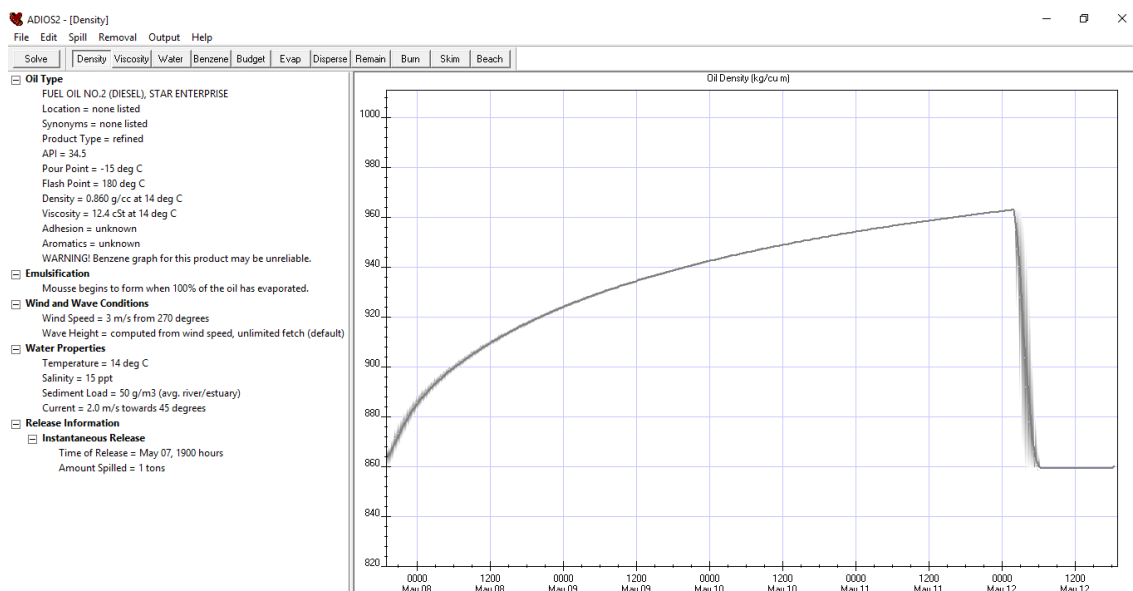


Ilustración 42: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

La diferencia que se puede apreciar en la evolución de la densidad en estos hidrocarburos entre el caso 1 y el caso 2, consiste en una ligera reducción de la densidad máxima alcanzada por el Fuel Oil nº2 (Diesel) y un ligero aumento de la densidad máxima alcanzada por el Fuel Oil nº2 (HO/Diesel).

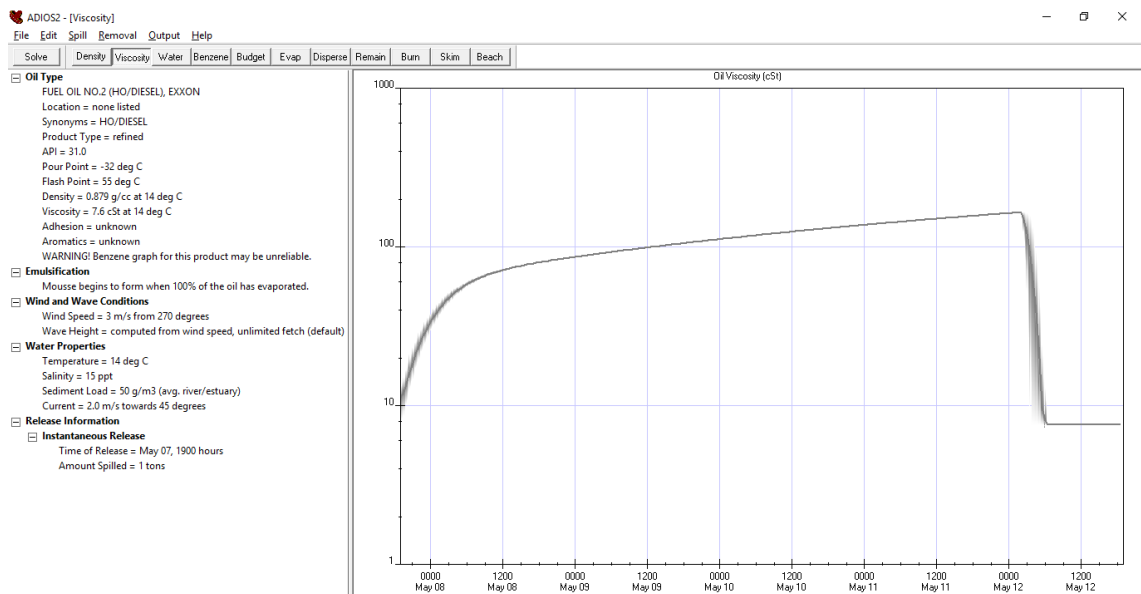


Ilustración 45: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

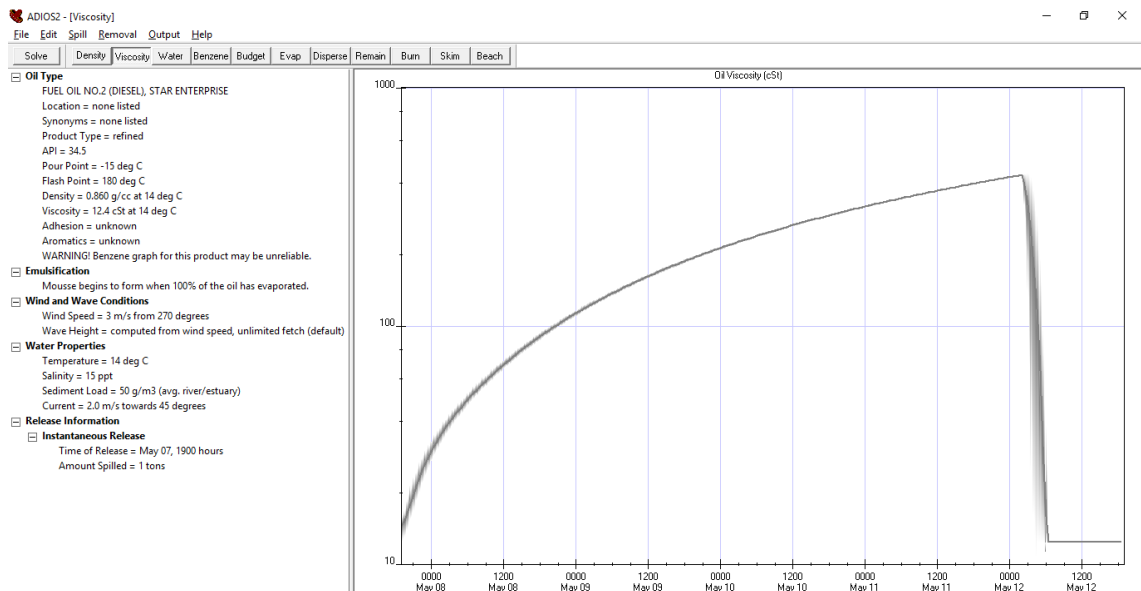


Ilustración 44: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (Diesel)

La viscosidad, en este segundo caso, refleja un menor aumento conforme va pasando el tiempo, es decir, la viscosidad máxima en ambos hidrocarburos es menor es este caso. Además, para alcanzar la misma viscosidad que en el caso 1, se requiere más tiempo. Esto es debido al aumento en la temperatura del agua, directamente relacionada con la fluidez de los hidrocarburos.

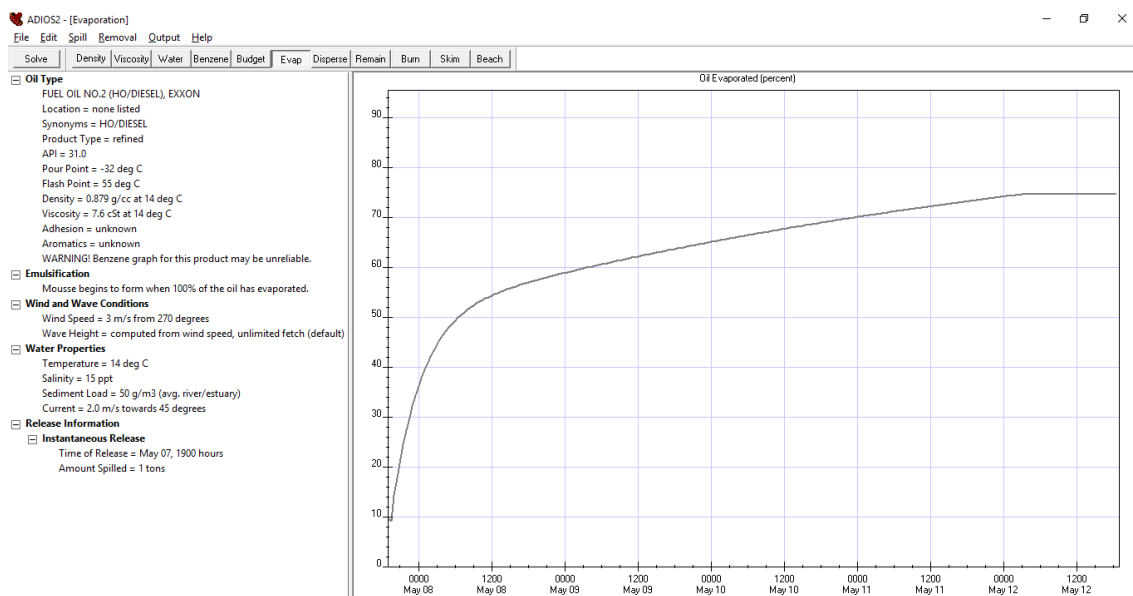


Ilustración 47: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n^º2 (HO/Diesel) evaporada. Fuente: el autor

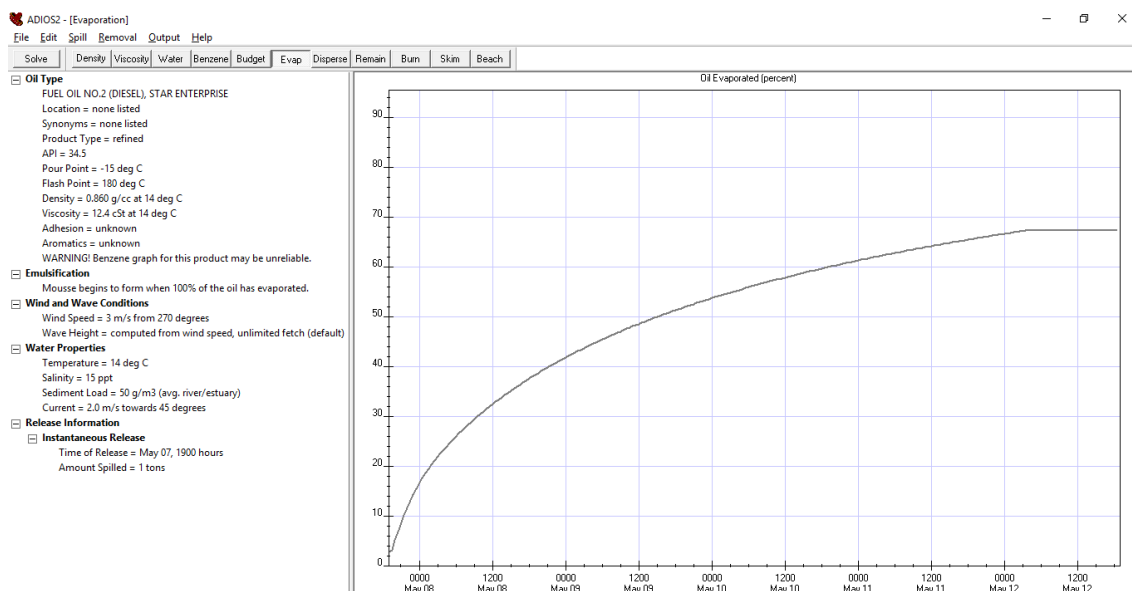


Ilustración 46: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n^º2 (Diesel) evaporada. Fuente: el autor

La diferencia entre estas mismas gráficas y las pertenecientes al caso 1 consiste en que, en este segundo caso, la cantidad de hidrocarburos evaporados ha sido mayor. Se ha pasado del 72% en el Fuel Oil n^º2 (Ho/Diesel) al 75% y del 64% en el Fuel Oil n^º2 (Diesel) al 68%. Aunque también es cierto que tardan un poco más en evaporarse.

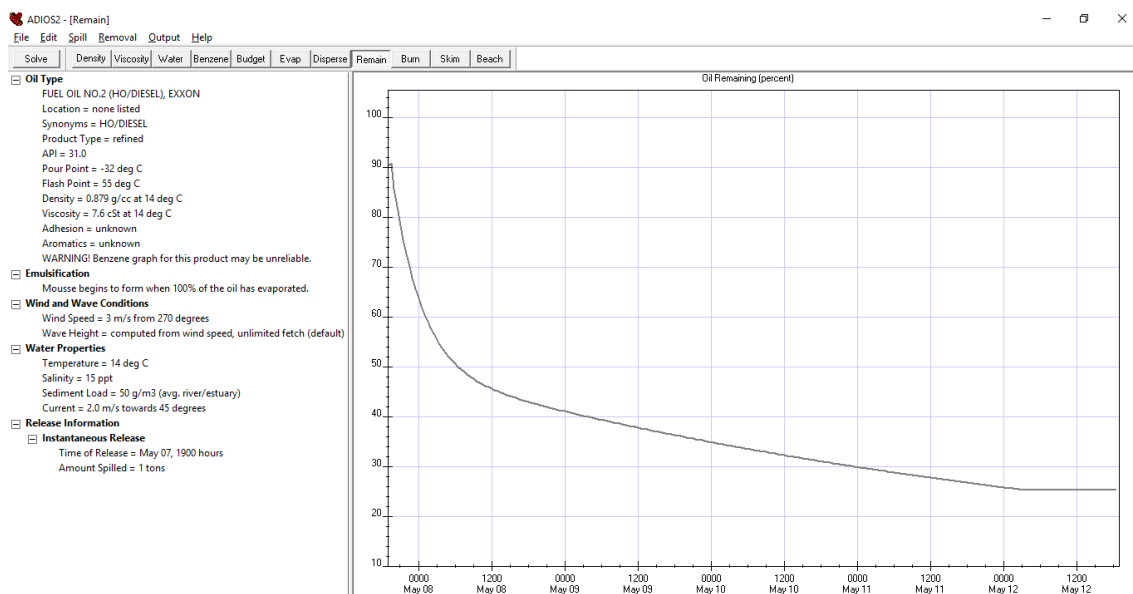


Ilustración 49: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

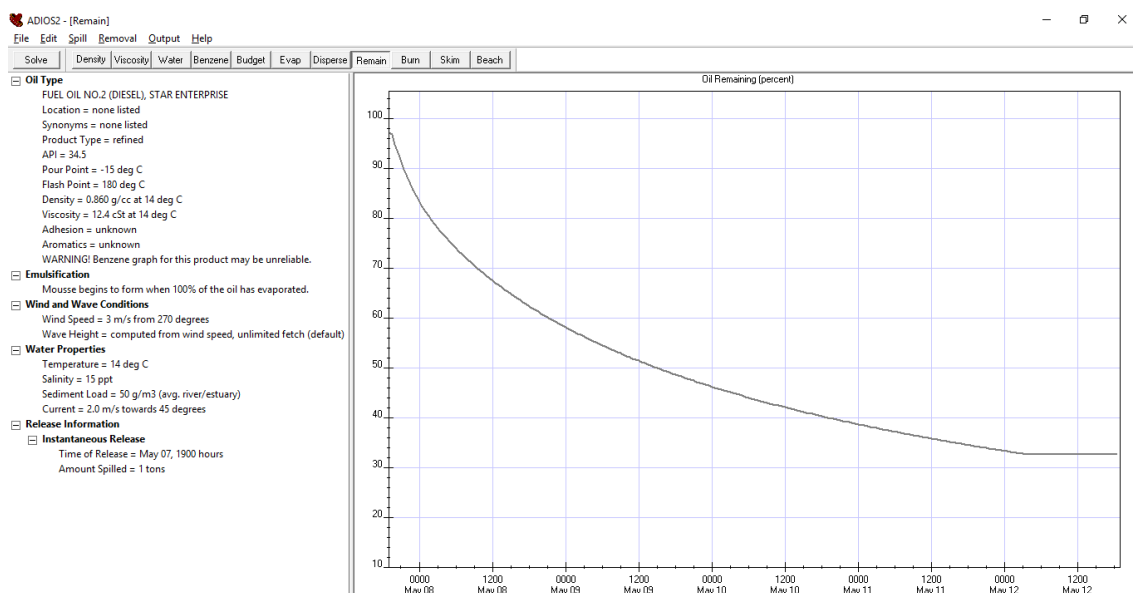


Ilustración 48: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (Diesel). Fuente: el autor

Continuando en la misma línea, la diferencia entre las gráficas de las ilustraciones 16 y 17 y las de las ilustraciones 9 y 10 del caso 1 consiste en que en este segundo caso queda menos cantidad de hidrocarburo, habiendo transcurrido el mismo tiempo. Esto es debido a que se ha evaporado una mayor parte de los hidrocarburos vertidos.

En el caso del Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) ha pasado de quedar un 28% a quedar un 25% y en el caso del Fuel Oil n°2 (Diesel) ha pasado de quedar 36% a un 33%.

CASO 3

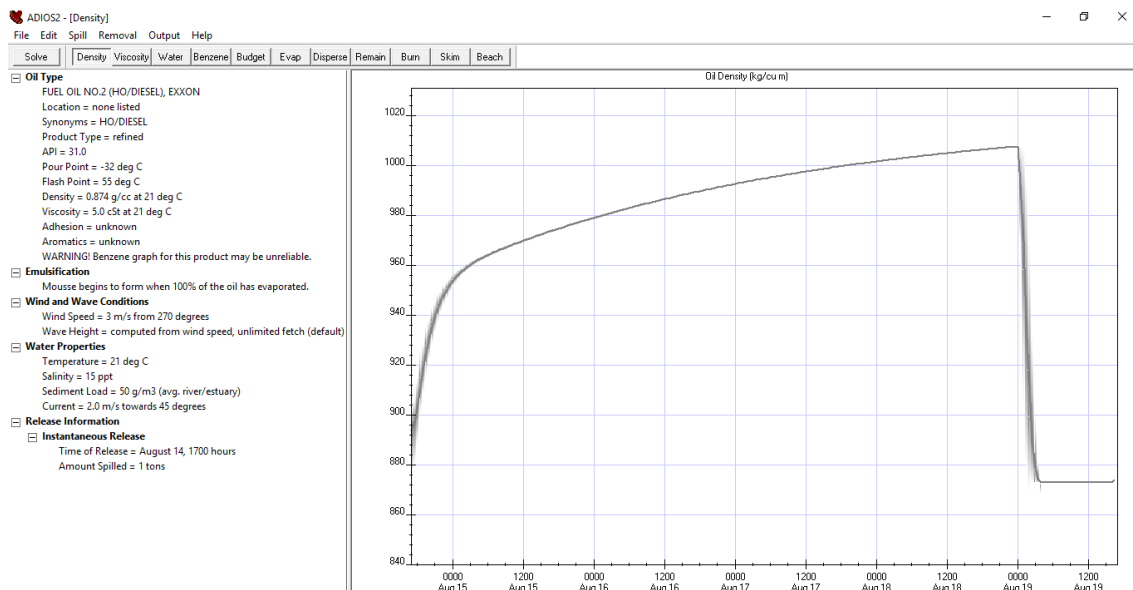


Ilustración 51: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

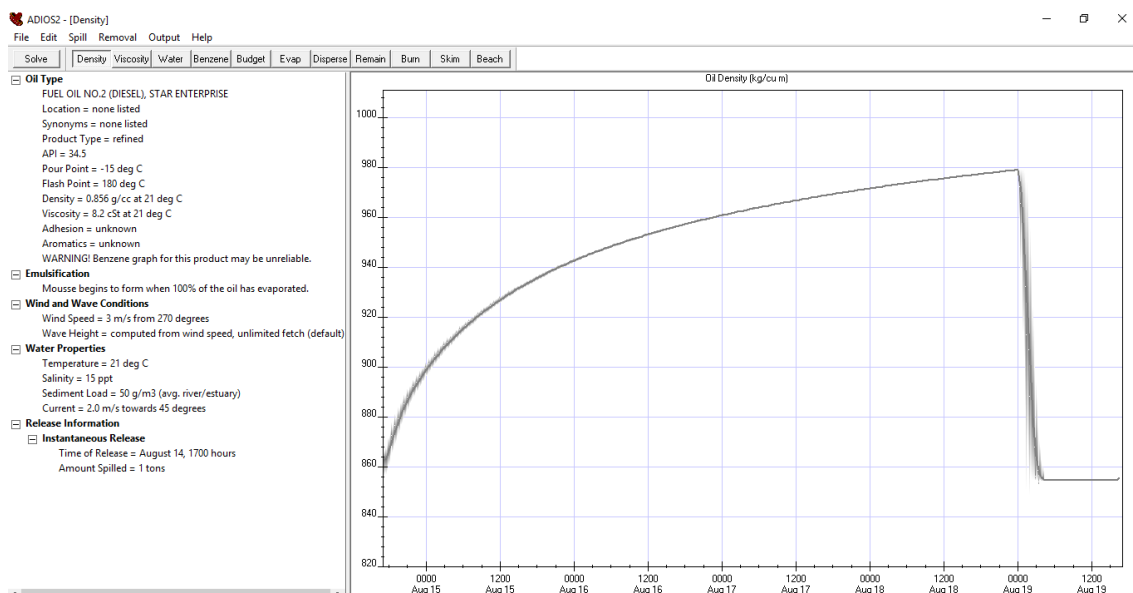


Ilustración 50: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

Al igual que en el caso anterior, en el caso del Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) se ha producido un aumento de la densidad máxima a la que llega el hidrocarburo tras varios días de meteorización. Esto es debido a que la temperatura del agua es superior, lo que facilita la evaporación de los componentes volátiles. Por esta misma razón se ha producido un aumento de la densidad máxima alcanzada por el Fuel Oil nº2 (Diesel).

Además, el aumento de la densidad se ha visto acelerado, es decir, se ha producido en menos tiempo por la misma razón.

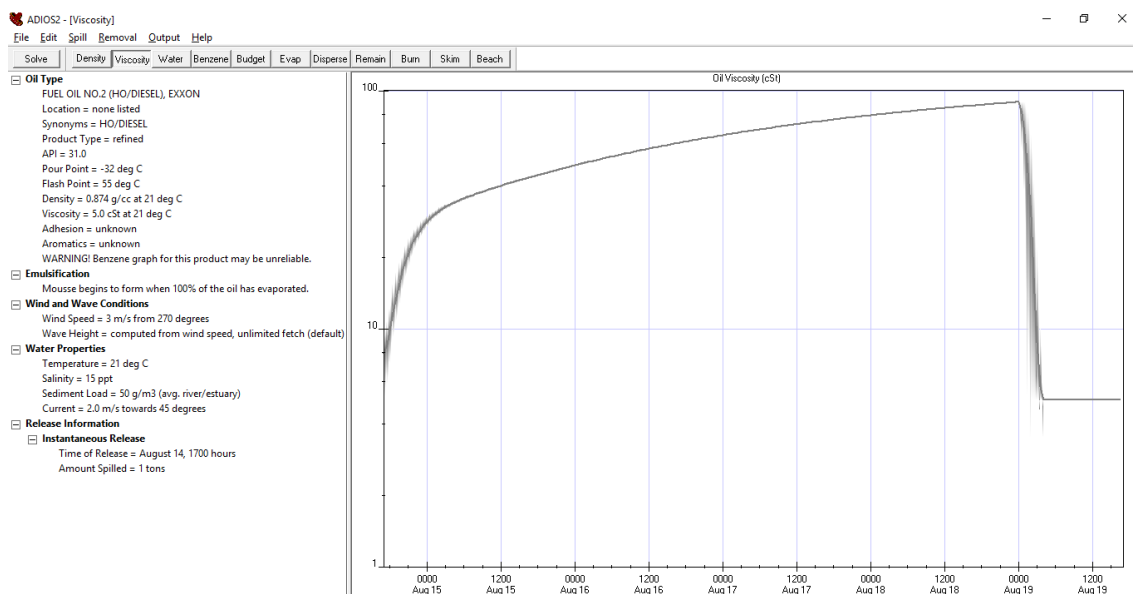


Ilustración 53: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

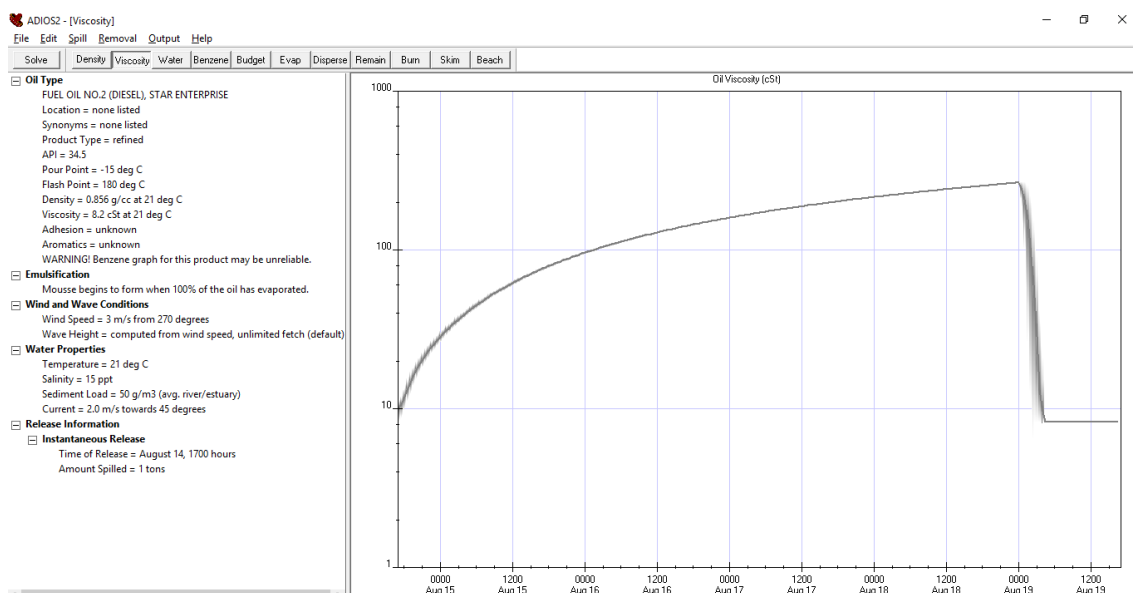


Ilustración 52: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

Al igual que en el caso anterior, al aumentar la temperatura del agua en la que se ha producido el vertido, la viscosidad se ve reducida. Es decir, la viscosidad de ambos hidrocarburos es menor y, además, su evolución se ve mermada, alcanzando una menor viscosidad máxima. Esto demuestra la importancia de la temperatura del agua en el proceso de meteorización de los hidrocarburos.

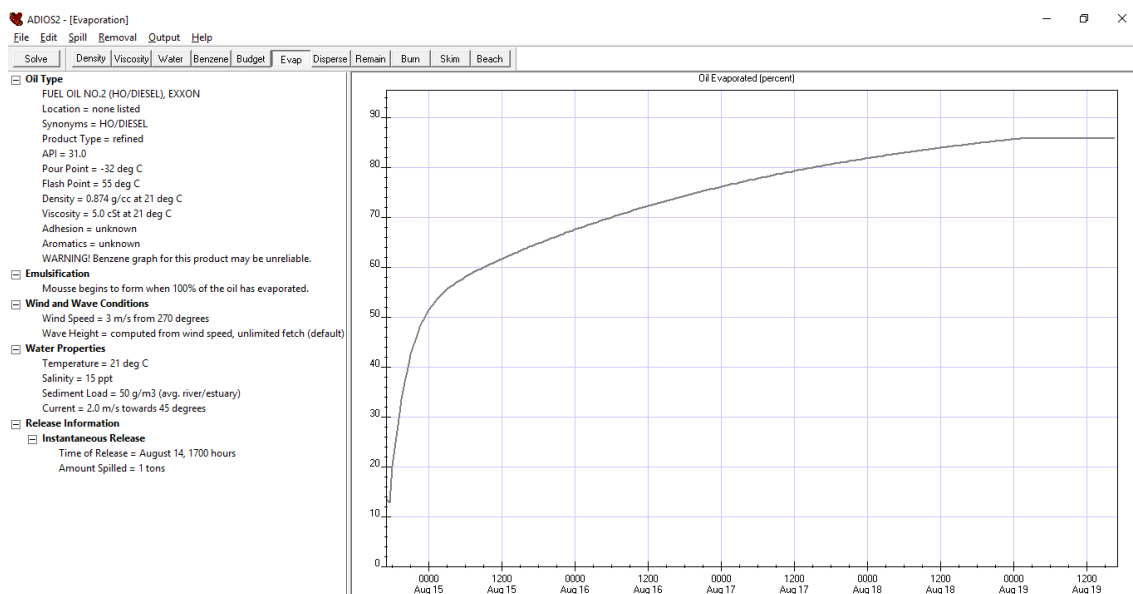


Ilustración 55: Evolución de la cantidad de Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) evaporada. Fuente: el autor

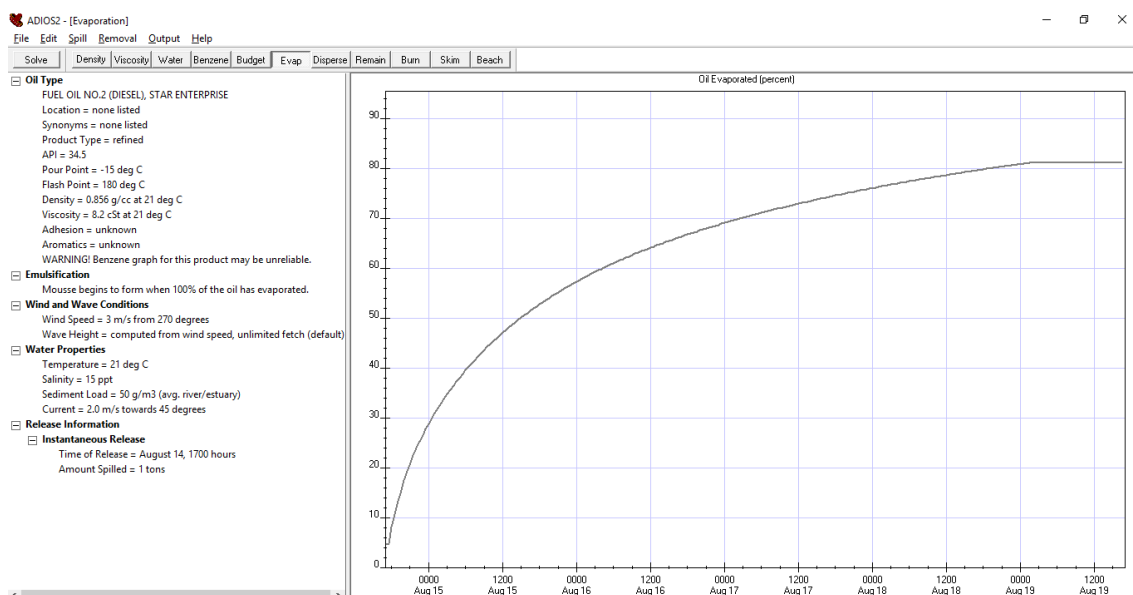


Ilustración 54: Evolución de la cantidad de Fuel Oil nº2 (Diesel) evaporada. Fuente: el autor

Tanto en el Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) como en el Fuel Oil nº2 (Diesel) se aprecia un amplio aumento de la cantidad de hidrocarburo evaporado. Esto es debido al incremento de temperatura en el agua de mar. Además, esta evaporación se produce más rápido. En el caso del Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) para el caso 1, en las primeras 7 horas se evaporaba aproximadamente el 40% del hidrocarburo, mientras que en este caso (caso 3) se evapora aproximadamente el 50% del hidrocarburo en el mismo lapso.

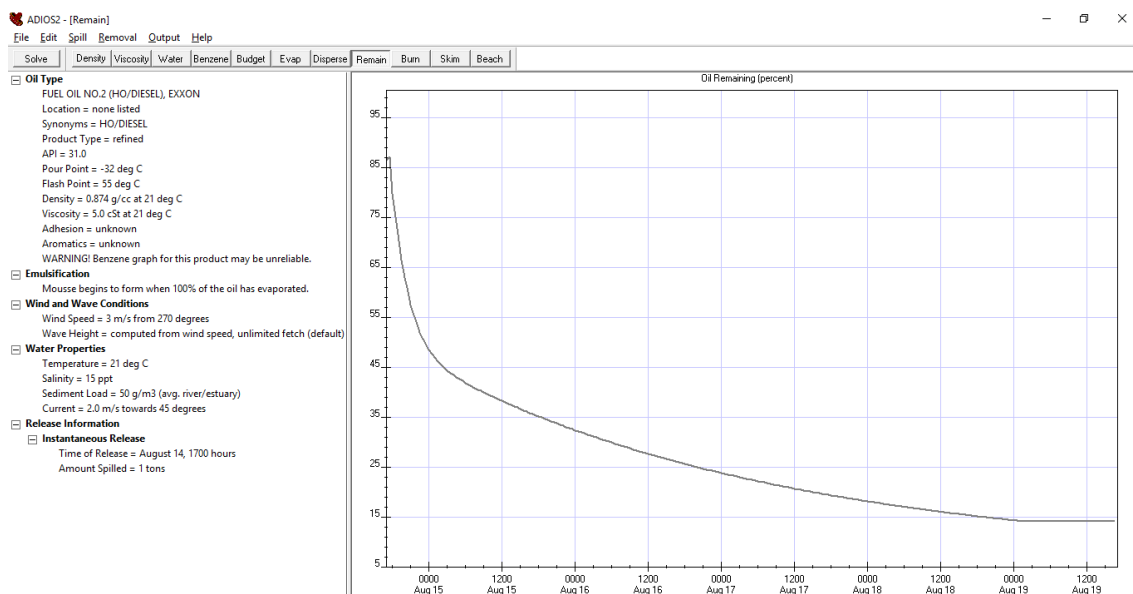


Ilustración 57: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

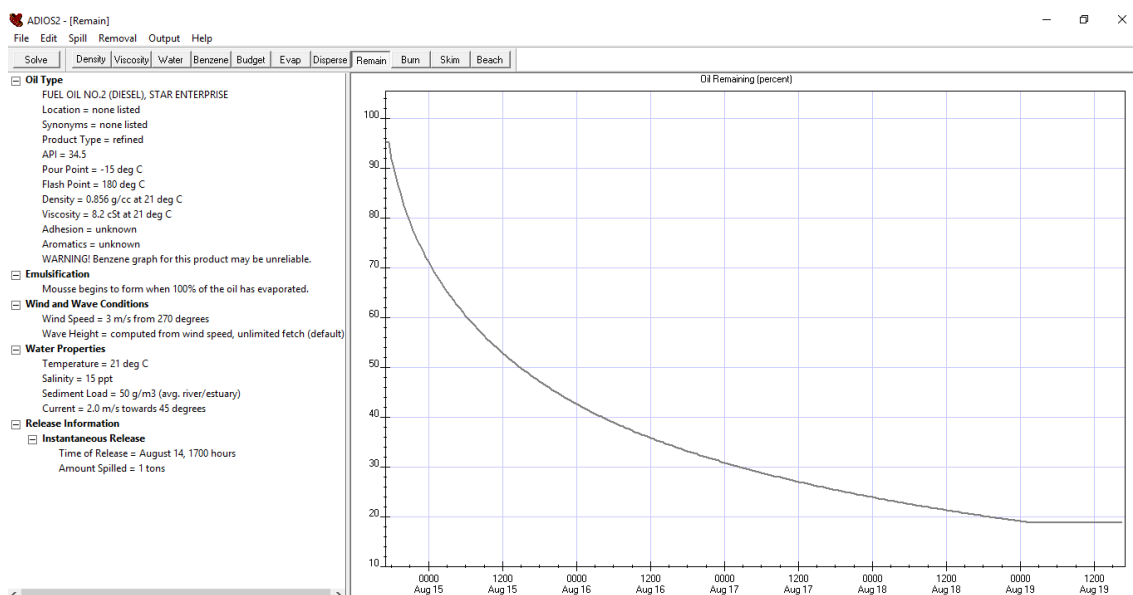


Ilustración 56: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (Diesel). Fuente: el autor

Al haber aumentado la temperatura del agua de mar en la que se ha producido el vertido, la cantidad de hidrocarburo remanente tras los procesos de meteorización es menor. Esto se debe a que es más fácil para los componentes volátiles del hidrocarburo alcanzar la cantidad de energía suficiente para romper la tensión superficial del fluido y comenzar a evaporarse. Además, el proceso de eliminación natural de los hidrocarburos es más rápido, eliminándose algo más del 40% de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) en algo más de 12 horas y sobre un 30% de Fuel Oil n°2 (Diesel) en el mismo tiempo.

CASO 4

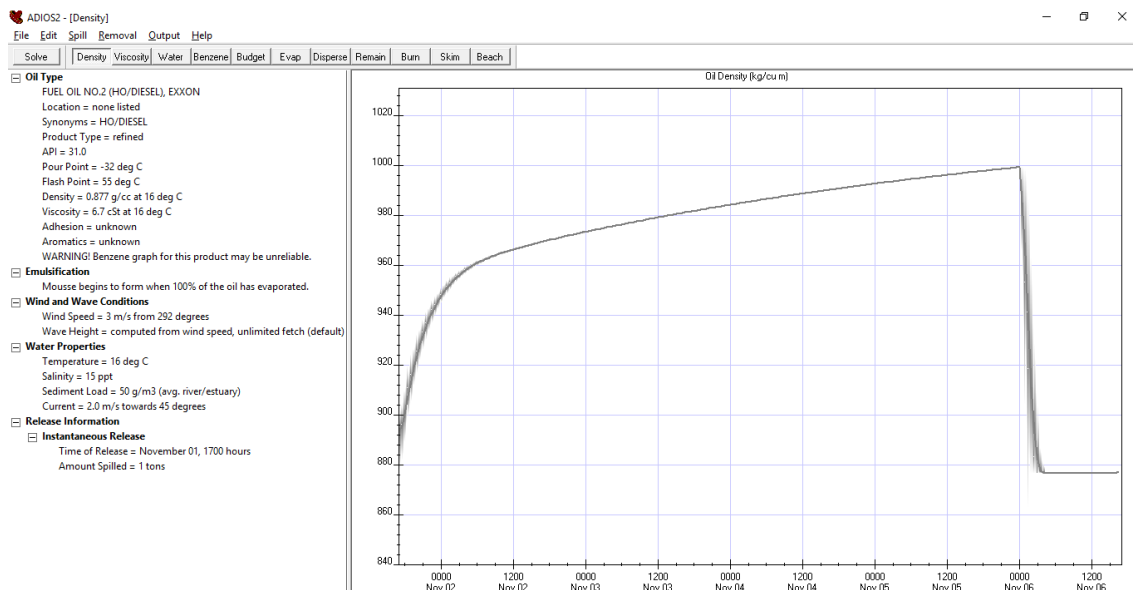


Ilustración 59: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

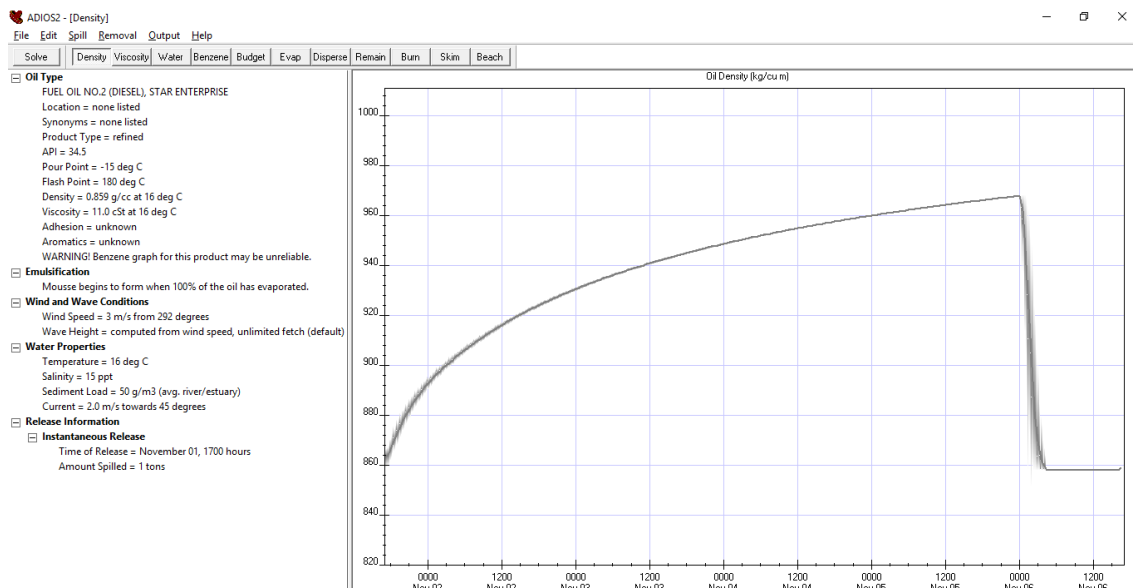


Ilustración 58: Evolución de la densidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

Este cuarto caso se puede considerar como un punto medio entre los casos 2 y 3. En el caso del Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) la densidad máxima alcanza los 1000 kg/m^3 y en el caso del Fuel Oil nº2 (Diesel) la densidad máxima alcanza unos 968 kg/m^3 , siendo ambos valores mayores que en el caso 2 y menores que en el caso 3.

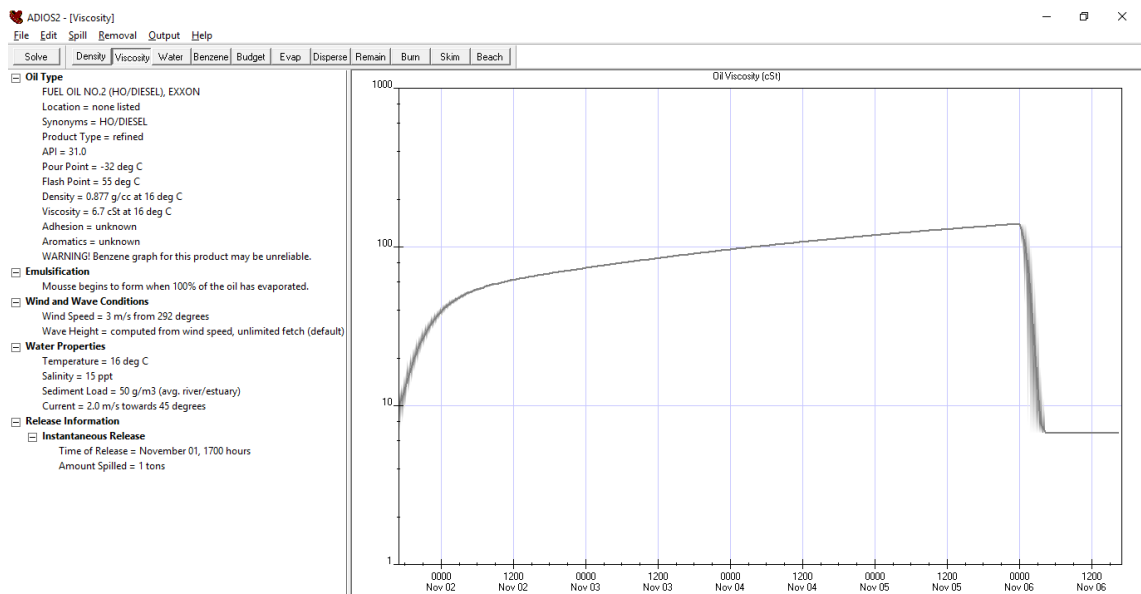


Ilustración 60: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

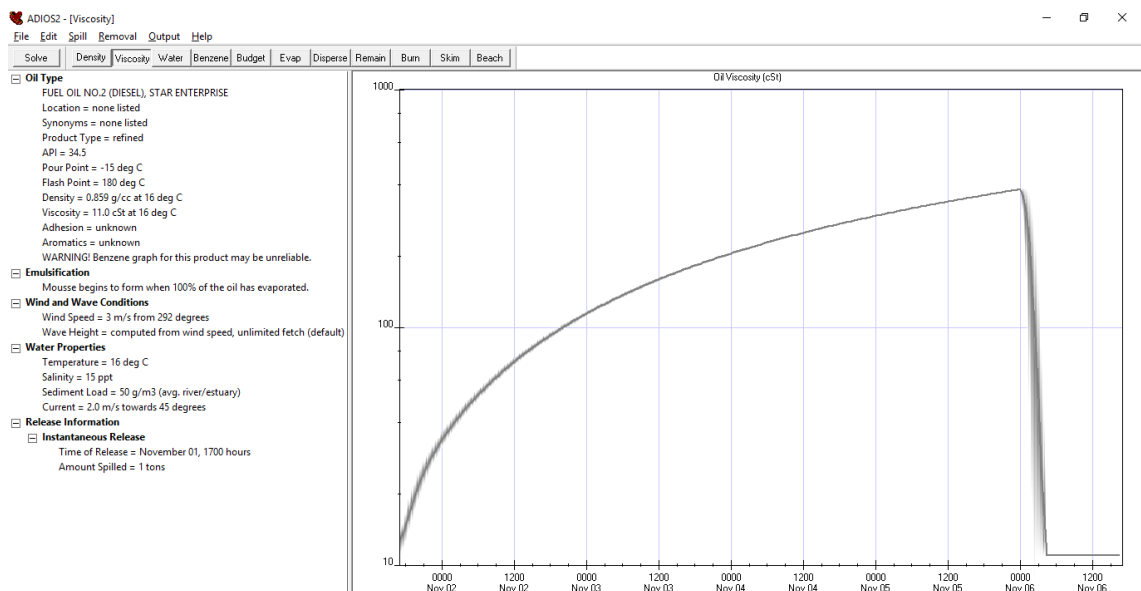


Ilustración 61: Evolución de la viscosidad en Fuel Oil nº2 (Diesel). Fuente: el autor

Al igual que con la densidad, la evolución de la viscosidad en este cuarto caso se sitúa entre el segundo caso y el tercero. Esto se debe a que la temperatura del agua es de 16°C mientras que en el caso 2 es de 14°C y en el 3 es de 21°C.

Para el Fuel Oil nº2 (HO/Diesel) la viscosidad máxima se sitúa ligeramente por encima de los 100 cSt, un poco por debajo de la viscosidad alcanzada en el caso 2, mientras que para el Fuel Oil nº2 (Diesel) se sitúa muy por encima de los 100 cSt, aproximadamente a la misma viscosidad que en el caso 2.

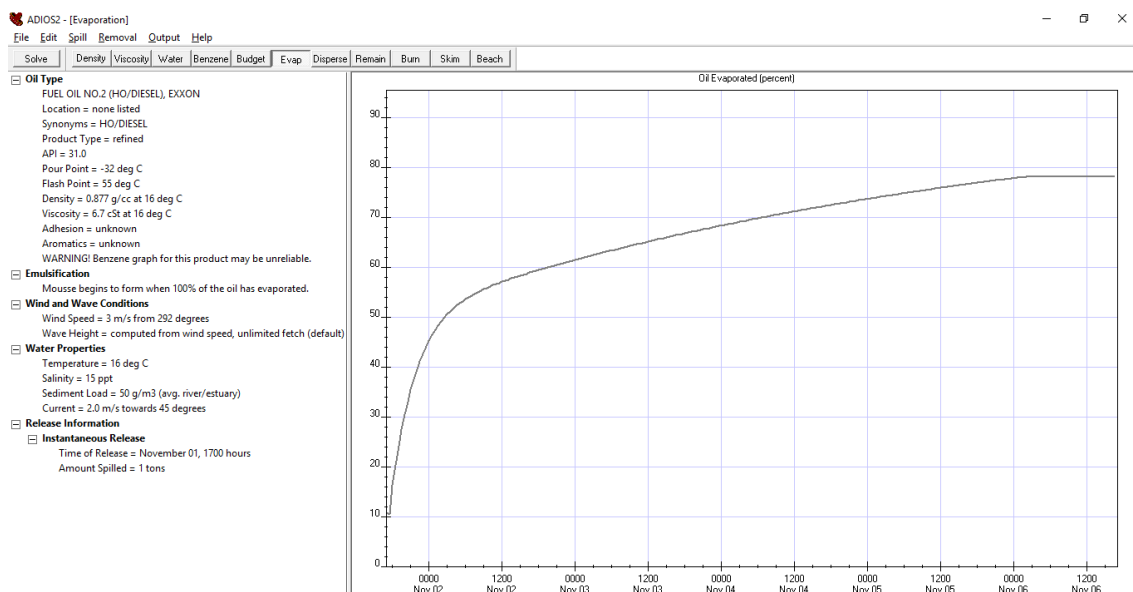


Ilustración 63: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) evaporada. Fuente: el autor

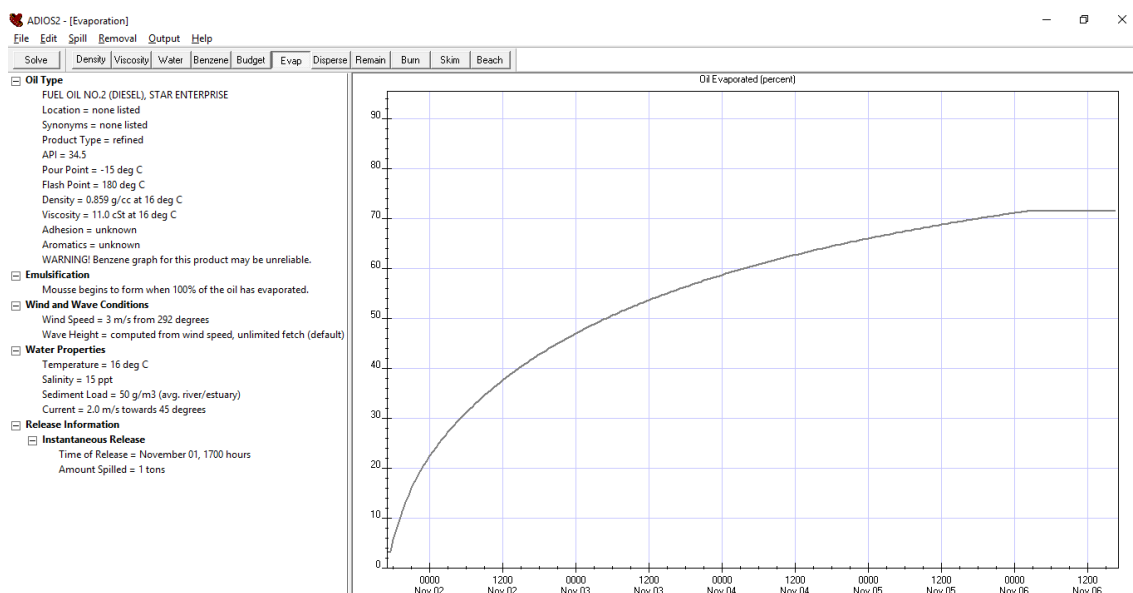


Ilustración 62: Evolución de la cantidad de Fuel oil n°2 (Diesel) evaporada. Fuente: el autor

En el Fuel Oil n°2 (HO/Diesel) se llega a evaporar un 78% del hidrocarburo en menos de cinco días después de que se produzca el vertido, evaporándose en algo más de 12 horas el 54% del hidrocarburo. La velocidad de evaporación es menor que en el caso 3 y mayor que en el caso 2.

En el Fuel Oil n°2 (Diesel) se llega a evaporar el 72% del hidrocarburo en los cinco días posteriores al vertido, evaporándose un 30% en algo más de 12 horas. La velocidad de evaporación es menor que en el caso 3 y mayor que en el caso 2.

Estos cambios se deben a la temperatura del agua de mar.

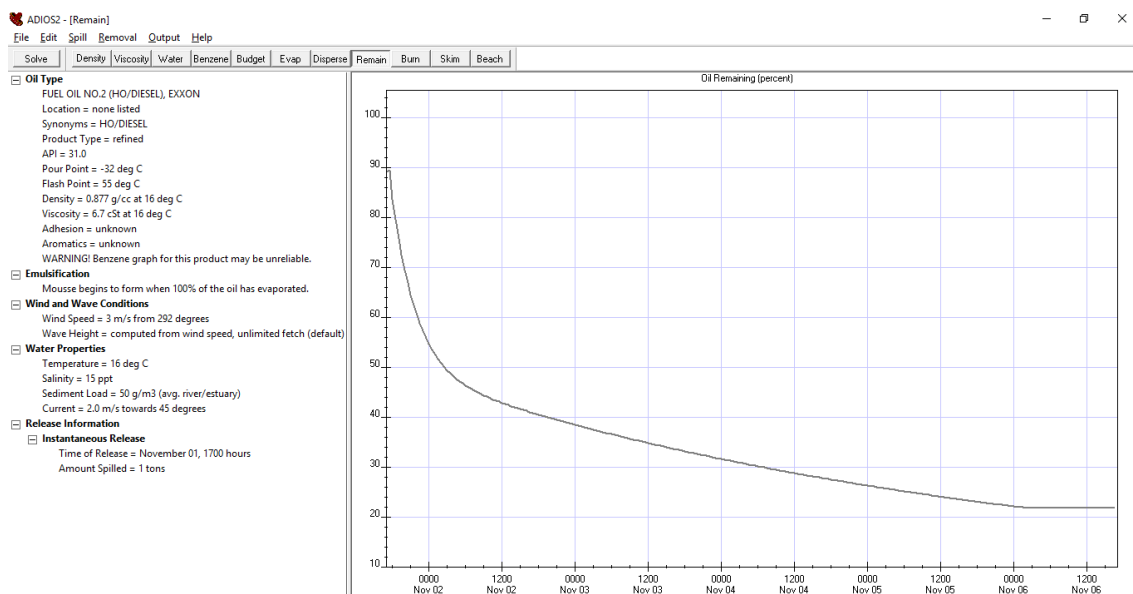


Ilustración 65: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (HO/Diesel). Fuente: el autor

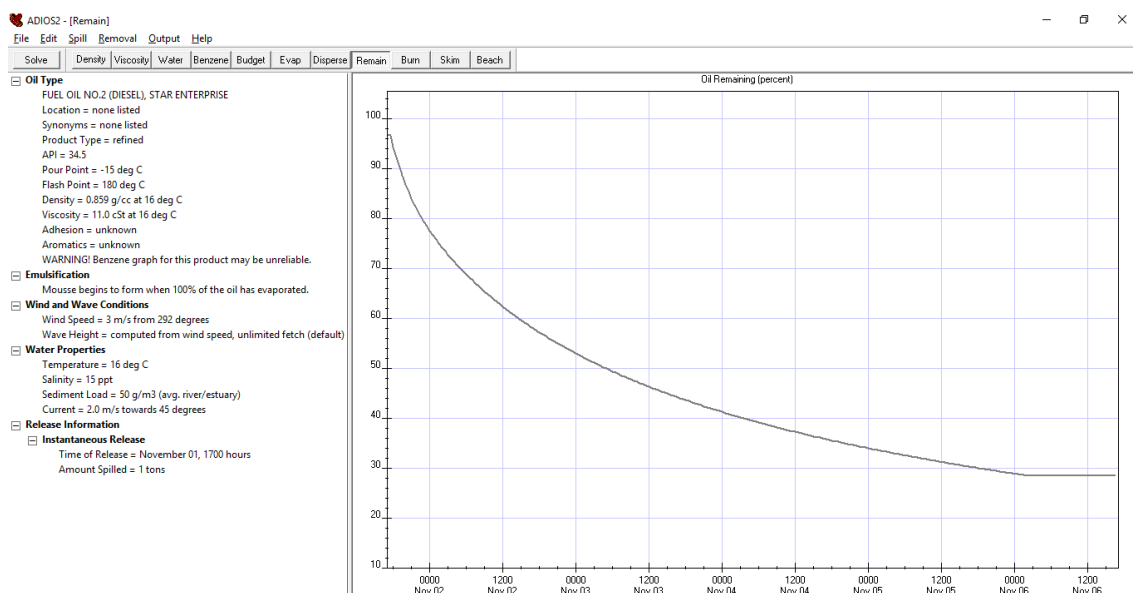


Ilustración 64: Evolución de la cantidad de Fuel Oil n°2 (Diesel). Fuente: el autor

Del Fuel Oil n°2 (HO/Diesel), tras aproximadamente 4 días y medio, queda un 22% de todo el hidrocarburo vertido, es decir, el conjunto de los procesos de meteorización (sobre todo la evaporación) ha llevado a que desaparezca un 78% del hidrocarburo. Del Fuel Oil n°2 (Diesel), tras el mismo periodo, queda un 28% de todo el hidrocarburo vertido.

Comparándolo con los casos anteriores, ha desaparecido del medio un mayor porcentaje de los hidrocarburos que en el caso 3 y menor que en el caso 2.

